389
يونيو
2012

عالم المعرفة

(الجزء الأول)

تاريخ العلم
1543 - 2001

تأليف: جون غريبين
ترجمة: شوقي جلال

سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت

عالم المعرفة
سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت
صدرت السلسلة في يناير 1978
أسسها أحمد مشاري العدواني (1923-1990) ود. فؤاد زكريا (1927-2010)
389

تاريخ العلم
1543 - 2001
(الجزء الأول)

تأليف: جون غريبين
ترجمة: شوقي جلال

يونيو 2012

عالم المعرفة

سلسلة شهرية يصدرها
المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب

سعر النسخة

الكويت ودول الخليج	دينار كويتي
الدول العربية	ما يعادل دولارا أمريكيا
خارج الوطن العربي	أربعة دولارات أمريكية

الاشتراكات

دولة الكويت

للأفراد	15 د. ك
للمؤسسات	25 د. ك

دول الخليج

للأفراد	17 د. ك
للمؤسسات	30 د. ك

الدول العربية

للأفراد	25 دولارا أمريكيا
للمؤسسات	50 دولارا أمريكيا

خارج الوطن العربي

للأفراد	50 دولارا أمريكيا
للمؤسسات	100 دولار أمريكي

تسدد الاشتراكات مقدما بحوالة مصرفية باسم المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب وترسل على العنوان التالي:

السيد الأمين العام
للمجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب
ص. ب: 28613 - الصفاة
الرمز البريدي 13147
دولة الكويت
تليفون: 22431704 (965)
فاكس: 22431229 (965)
www.kuwaitculture.org.kw

ISBN 978 - 99906 - 0 - 362 - 0

رقم الإيداع (2012/297)

العنوان الأصلي للكتاب

Science... A History

1543-2001

By

John Gribbin

Penguin Book, U.K. 2002

طُبع من هذا الكتاب ثلاثة وأربعون ألف نسخة

رجب 1433 هـ - يونيو 2012

المحتوى

مقدمة المترجم

«تاريخية العلم تؤكد أن التقدم العلمي مسيرة شاقة قاسية مشحونة بالصراعات الضارية بين القديم التقليدي والجديد... مسيرة لها شهداؤها وضحاياها»

المترجم

تاريخية العلم...
المعنى والدلالة

مفهوم تاريخية العلم أو التفكير المنهجي للمعرفة غريب عن حياتنا الثقافية حين نتناقش ونتناول قضايانا، وعبارة تاريخية العلم تعني أنه عملية دينامية كنشاط اجتماعي مطرد التطور في الزمان... إنه إنجاز اجتماعي مادي «تقاني» وإنجاز فكري متطور ويخلق إطارا ثقافيا اجتماعيا متجددا، ويتجلى هذا على مدى تاريخ البشرية، من حيث إنه إنجاز تفرد به البشر، في صورة حركة جدلية بين النشاط «العلمي» والمعرفي وبين الوعي الاجتماعي، مثلما يتجسد في ما اصطلحنا على تسميته الحضارة. ويؤدي انتشار وشيوع الإنجازات العلمية قرين ثمارها الاجتماعية الفكرية والعملية إلى ميلاد ثقافة علمية نزّاعة إلى

التطور باطراد لتكون لها الغلبة، ويتحقق هذا الميلاد من خلال توتر أو صراع بـين رؤى أو ثقافة تقليدية وثقافة بازغة جديدة.. وهذا ما نلحظه مع مراحل تطـور العلم واطراد مسـيرته وصراعاته أيضا أو التوتـرات الاجتماعية بين القـديم والجديد. وطبيعي أن هذا التحول الثقافـي الاجتماعي لا يتم دفعة واحدة، ولا يشـيع على مسـتوى واحد بين الجميع. إنه ليـس عملية إحلال وتبديل ميكانيكية، بل مسـيرة تطورية وتغذية مطردة تتمثل في نشوء جزيرة أو جزر على درجات مختلفة من الوعي، وقد تخلّف بعد مرحلة متكاملة جزرا تمثل القديم، ولكن الغلبة لمن اتسع نطاق تأثيره وأثبت صلاحيته للبقاء.

وتاريخية العلم تعني أنه وحدة متكاملة متطورة وإن تباينت مواقع وزمان إنجازه. إنه شـراكة إنسـانية، ولكن منطقه وقواعده وحصـاده وثماره لمن أعطـاه جهده وفكره، أعني المجتمع الحاضن للعلم. إنه الذاكرة الإنسـانية على مدى التاريخ وإن انتمى إليه الجميع. ويؤكد تاريخ العلم امتداد ووحدة النشـاط الإنساني البحثي لتوليد المعرفة. نعم إنه حركة أو حياة تجري في تنـاوب على مدى الزمان والمكان، ولكنها حركـة واحدة متطورة.. وهذا ما يؤكد إنسانية النشاط.

وتاريخية العلم، نشـاطا وفكرا وإنجازات ماديـة وثقافة، تنفي الظن بأن امتلاك الإنجازات المادية لأي تكنولوجيا يعطي حائزها حق الانتساب إلى العلـم، وإنما التبعية... إنه أولا وأساسـا الفاعلية الذاتية النشـطة الممتدة في الزمان باتساع المجتمع؛ الفعالية التي تصنع حق انتساب العلم لأصحابه ومبدعيه.

وتاريخيـة العلـم تؤكد عالميته. العلم ليس له ديـن أو عرق أو لون، بل هو سـليل هذه الفعالية الاجتماعية النهمة والمعرفة والعاشـقة في شغف للبحث المنهجـي. ولنا أن نقول إن البحـث عن المعرفة العلمية هو بـذرة العولمة في براءتها الأولى. أي واحدية العالم/ الكون. إن القدماء حين تطلعوا إلى السماء ودرسـوا الأفلاك ووضعوا الخرائط للنجوم والكواكب إنما كانت عن كون هو في ظنهم عالـم واحد وإن تطور معنى الكون والنجم والكوكب بل والإنسـان وغيـر ذلك مع اطـراد البحث العلمي... وكذلك حين أبدع الإنسـان، أيا كان موقعه، البوصلة البحرية وخرائط الأفلاك لهداية الملاحة البحرية إنما كانت

خطـوة على طريق إدراك العالم الواحـد. ولذلك نرى أن واحدية تاريخ العلم وتكامله وبراءته من الانحياز لعرق أو لون أو دين هي خصوصيات أساسية لمن شاء الانتساب للعلم باحثا أو صانعا أو مفكرا نظريا أو مثقفا علميا.

من هنا جاء الاهتمام بنشر تاريخ العلم والعلماء باعتباره ذاكرة بشرية عن أهم قوى دافعة لبناء الحضارات، وعن عبقرية الإنسانية وقدرتها على النفاذ إلى أعماق الكون الأعظم والكون الأصغر وإستيعاب قوانين الحياة الطبيعية، بما في ذلك حياة الإنسان في صورة نظريات متجددة.

ويؤكـد التاريـخ دينامية البحث العلمـي المتطورة نظريـا وتطبيقيا حين يستشرف المستقبل القريب، ويؤكد كذلك أنه مرحلة سبقتها مراحل أو مراكز ومجتمعات علمية تنتسـب إلى حضارات عدة: بابل وأشـور ومصر القديمة والصـين والمايـا والإزتيك وغيرها. ولكن الشـيء اليقيني أن الإنسـان رهن الفعالية النشطة.

ويؤكد تاريخ العلم أن النشـاط العلمي لم يعـد الآن هواية ومتعة أهل الثـراء والفراغ، حيـث يمكن لاهتمامـات وقدرات امرئ فـرد وحده أن يكـون لهـا تأثيرها العميق من حيث الإبداع العلمـي مع فريق محدود من الدارسـين. ولكن أصبح العلم نشاطا مؤسسـيا ممتدا في الزمان، وليس جهد فـرد منعزل في برج عاجي، أو مجتمع مسـتقل مكتف بذاته. ثم إن النشـاط العلمي يغتذي على احتضان المجتمع لـه بفضل نظامه التعليمي وقيمه الاجتماعية والتربوية التي تؤسـس للحريـة والإبداع، ثم ما يقدمه العلم من ثمار تكفل الأمن والحرية والفهم والمنعة والمتعة، أعني فهم ظواهر الحياة والطبيعة والاستمتاع بها. ولهذا أفضى النشاط العلمي الحديث في صورته المؤسسية إلى نشـوء عدد من المدارس، أو بمعنى آخر أن المدرسة العلمية هي بنيـة تاريخية متطورة حول رؤية أو فكر أو تطبيق أو منهج... مثال ذلك، حين نتحدث عن نظرية التطور لا يقتصر الحديث عن شـخص بعينه: داروين، أو لامارك، وإنما نجد امتدادا تاريخيا لباحثين علميين مثل إرزامـوس داروين ولامارك ووالاس وتشـارلز داروين وآخرين من بعدهم، بل نجد القضية ذاتها على امتداد التاريخ شـغلت عقول البشر منذ القدم ونشأت معها مدارس متنوعة.

ولنتأمل كيف نفكر في موضوع تاريخية العلم. اعتدنا نظرة مجتزأة. نردد مقولة صحيحة جزئية وهي أن العلم يمثل أساسا للحضارة العربية الإسلامية، وأن هذه الحضارة ثورة علمية، ولكن ننسى الحركة الجدلية في امتدادها التاريخي السابقة على الحضارة العربية واللاحقة لها. نزهو بأن الغرب أخذ عن، أو انتحل إنجازات الحضارة العربية، وننسى أن الغرب أضاف وأحدث ثورة في الفكر العلمي ومنهجية البحث والإنجازات التقانية. إنه بمعنى ما امتداد إبداعي للحضارات السابقة عليه، ومنها العربية، ولكن في صورة ارتقائية.

وهكذا حري بنا أن ننظر إلى هذه الحركة الجدلية التاريخية في صورتها البانورامية الشاملة، وأن ننظر إلى أنفسنا نظرة نقدية... تلك الحضارة العربية حضارة صنعها السلف، ولكن ماذا صنعنا بها نحن من بعدهم؟ لماذا طورها الغرب وتقاعسنا نحن؟ ما هي الشروط اللازمة لكي نتأهل وننجز ثورة في حياتنا العلمية ونكون مصدر عطاء للمعرفة العلمية؟ وما هي القيود والحدود التي ترسمها ثقافتنا لنا للمعرفة والبحث المعرفي والإبداع؟ هل لهذه الثقافة دور في تحديد توجهنا تاريخيا في مجال المعرفة، بحيث أبدعنا في نطاق ما دون غيره، أو صرفتنا تماما عن البحث والإبداع والنقد والشك بحكم طابعها الاختزالي واليقيني المطلق؟

ويؤكد تاريخ العلم أن لا أحد يمكنه الآن أن يشعر بالأمن والأمان في العالم، وأن يختار مصيره بحرية، أو يحكم برأي عن طبيعة مشكلاته والحلول المحتملة لهذه المشكلات ما لم تتوافر لديه فكرة عقلانية علمية واعية عن القضايا التي تشغل العلم وهدفه فيما يخص هذه المشكلات.

وتؤكد تاريخية العلم أن «الحكمة»، وهي الآن المعرفة العلمية الموثقة، ليست رهن مرحلة عمرية أو منصب أو عقيدة، بل رهن منهج بحث محدد القواعد وأهلية الباحث في مرحلة بعينها. إن الباحث العلمي إذا أبدى رأيا ما يكون رأيه حجة إذا جاء في مجال تخصصه، ولكن في غير ذلك فهو مجرد رأي شأن غيره من الناس... وهذا على خلاف ما يحدث في ممارساتنا الحياتية، إذ نلتمس «الحكمة» في كل شؤون الدنيا من حائز على جائزة نوبل مثلا ونمطره بالأسئلة عن كل شؤون ومشكلات الحياة ونتعامل

معه كأنه أحاط بكل شيء علما، وهذه عادة أو موروث ثقافي من تقليد مضى زمانه يدعونا إلى أن نلوذ بكبار السن أو المقام أو أهل السلطان التماسا للمعرفة، وما يقولونه غير قابل للنقد.

وتاريخية العلم تؤكد أن لا حقيقة مطلقة، ولا يقين مطلق، وأن الحقيقة العلمية على المحك دائما، كما يقول فيلسوف العلم كارل بوبر، لإثبات زيفها ومن ثم تطويرها، بما يعني أنها قابلة للمراجعة دائما. ولهذا يقول أينشتين في حديث عن نفسه «الزميل أينشتين... يراجع كل عام ما كتبه في العام السابق». ومن ثم فإن الثقافة العلمية تؤسس لعقل ينأى بنفسه عن المطلقات وعن الاستسلام لأسر ما يزعمه البعض «يقينا مطلقا».

وتاريخية العلم تؤكد أن التقدم العلمي مسيرة شاقة قاسية مشحونة بالصراعات الضارية بين القديم التقليدي والجديد... مسيرة لها شهداؤها وضحاياها. لم يكن صراعا بين الدين في ذاته والعلم كما يحلو للبعض أن يقول، بل بين الجمود والتجديد، بين الإبداع وحياة السكون والتحجر الفكري، ضد دعاة الجمود سواء أكانوا رجال دين أم أصحاب سلطان زماني أو تقليديين عاديين، إذ إن رجال الدين بتحالفهم مع السلطان لإدارة شؤون الدنيا لا الدين فقد خرجوا عن حدود تخصصهم هذا، بينما العلم حياة مطردة متسارعة التقدم والتجدد والارتقاء.

وتاريخية العلم حفزت باحثين عديدين لمحاولة تفسير هذه الحركة التاريخية وصوغ نظرية تطورية عن تطور العلم ومنطق حركته، وهو ما يدخل ضمن نطاق ما يسمى «علم العلم» Science of science وفلسفة العلم. وأكد الجميع وحدة ودينامية المسيرة كمسيرة للفعالية الإنسانية، وأن العلم يتحرك قدما مرحليا، ولكن السؤال: كيف؟ هل هي حركة تراكمية خطوة خطوة أم بناء على طفرات أو ثورات؟

رأى البعض وعلى رأسهم توماس كون، الذي ترجمنا له كتابه العمدة «بنية الثورات العلمية» ضمن سلسلة «عالم المعرفة»، أن العلم يتقدم في صورة طفرات أو ثورات Revolutions وليس تطورا تراكميا مطردا Evolution، وهذا رأي له نفوذه وتأثيره في مجالات بحثية مختلفة، ومنها علم الاجتماع.

ورأى آخرون، ومنهم جون غريبين، الذي عمد في مؤلفاته إلى رفض ونقض نظرية توماس كون، أن العلم يتطور على مدى مسيرة تراكمية

متصلة، وأن ثورة الكوانتم هي الحالة الوحيدة التي تجسد «ثورة» في العلم. ويفســـر غريبين مظاهر التقدم الأخرى في العلم، مثل نظرية الجاذبية عند نيوتن، بأنها إنجاز مؤسس على مظاهر تقدم سابقة.

ولكن هل لنا أن نقول إن مظاهر التقدم ذاتها تحدث كتطور تراكمي على طريقة الترس والسقاطة التي لا ترتد إلى وراء. أو مثل الصورة المجازية عن سهم الزمان الذي لا يرتد إلى الماضي؟ إن القبول العام للتقدم داخل الأوساط العلمية والإطار الفكري الحاكم بين العلماء، الذي هو الوليد الفكري/ الثقافي لهذه الإنجازات، حال نشـــوء توترات وتعارضات في مجال البحث مع قضايا جديدة إنما يجري وفق المنهج التطوري في طفرات Revolutionary (أعني تحـــولا كيفيا أو إطاريا فكريا مفاجئا داخل المجتمع العلمي في مجموعه هو حصاد الإنجازات وجدل التعامل مع القضايا موضوع البحث)... ويتمثل هذا في تغير صورة العالم مقترنة بتغير الإطار الفكري، أو البارادايم الذي يعمل العلماء على هديه، ويحدد لهم بؤرة الاهتمام وأســـلوب التناول في دراســـة وتفسير الظواهر. وهذا هو ما يفسر تباين الأطر الفكرية الحاكمة مع اطراد مسيرة التقدم العملي.

شوقي جلال

القاهرة 2012



مدخل

«إن هدفي هو أن أقدم للقارئ إلمامة كاملة وسريعة عن العلم الذي انطلق بنا من فهم أن الأرض ليست مركز الكون، وأن البشر ليسوا استثناء داخل المملكة الحيوانية، ووصل بنا إلى نظرية الانفجار العظيم، ثم إلى خريطة كاملة للجينوم البشري على مدى 450 سنة فقط»

المؤلف

أهم شيء تعلمناه من العلم عن مكاننا في الكون هو أننا نحن البشر لسنا شيئا خاصا. بدأت العملية بفضل أعمال نيكولاس كوبرنيكس في القرن السادس عشر، إذ اقترح أن الأرض ليست هي مركز الكون. واكتسبت العملية دفعة جديدة على يدي غاليليو في مطلع القرن السابع عشر الذي استخدم تليسكوبا للوصول إلى دليل قاطع على أن الأرض حقا مجرد كوكب يدور في مدار حول الشمس. وتتابعت بعد ذلك موجات متتالية من الاكتشافات الفلكية التي قام بها علماء الفلك على مدى القرون. ووجد هؤلاء أن الأرض مثلما هي كوكب عادي فكذلك الشمس نجم عادي (نجم من بين مئات المليارات من النجوم التي تضمها مجرة درب التبانة). وأكثر من هذا أن

درب التبانة ذاته ليس سوى مجرة عادية (واحدة من بين مئات المليارات داخل الكون المرئي). ووصل بهم الأمر في نهاية القرن العشرين أن رأوا أن الكون نفسه ربما يكون شيئا فريدا.

وبينما يجري كل هذا على قدم وساق، كان علماء البيولوجيا يحاولون - ويخفقون - الكشف عن أي دليل يثبت وجود «قوة حياة» خاصة تمايز ما بين المادة الحية والمادة غير الحية. وخلصوا إلى نتيجة مفادها أن الحياة ما هي إلا إحدى صور الكيمياء شديدة التعقد. ويا لها من مصادفة سعيدة أن حدثا من أهم الأحداث التي وقعت مع بداية البحث البيولوجي لدراسة جسم الإنسان تتمثل في صدور كتاب: De Humani Corporis Fabrica (عن بنية جسم الإنسان) لمؤلفه أندرياس فيساليوس في العام 1543، وهذا هو العام نفسه الذي تصادف أن أصدر فيه كوبرنيكس كتابه: De Revolutionibus Orbium Coelestium (عن دوران الأجرام السماوية). وجعل هذا التوافق العرضي من العام 1543 معلما مميزا وملائما لمطلع الثورة العلمية التي أدت بدايةً إلى تحول أوروبا ثم العالم من بعدها.

وطبيعي أن أي اختيار لنقطة زمنية لتكون بداية لتاريخ العلم إنما هو اختيار تعسفي، لذلك سأحصر عرضي في نطاق جغرافي، وكذا في حدود المدى الزمني لهذا العرض. وهدفي من ذلك أن أحدد معالم تطور العلم الغربي ابتداء من عصر النهضة وصولا (وعلى نحو تقريبي) إلى نهاية القرن العشرين. معنى هذا أنني سأضع جانبا إنجازات فلاسفة وعلماء قدامى الإغريق والصينيين والإسلاميين الذين أنجزوا الكثير جدا، بغية الحفاظ على استمرار حياة البحث من أجل معرفة العالم على مدى الفترة التي يشير إليها الأوروبيون بعبارة العصور الوسطى الظلامية. بيد أن هذا يعني أيضا أن نروي قصة متلاحمة البنية، مع بداية واضحة من حيث الزمان والمكان، لتطور النظرة إلى العالم والتي تمثل لب فهمنا للكون ومكاننا فيه اليوم.


Parte.
le faltava poco para llegar ala cola / ó manera
q̃ toviesse latitud septētrional / los q̃ estuviessen
enlos climas septētrionales veriā la luna eclip
sar a todo el sol: y los dla eq̃nocial veriā eclipsa
da la pte septētrional dl sol: y los meridionales
veriā el sol sin eclipsi. Assi q̃ aunq̃ el eclipsi del
sol sea total o particular no puede ser vniuer-
sal en todo la tierra. Notase que para la quāti
dad destos eclipsis el diametro assi del sol co-
mo dela luna diuidē los astrologos en doze p-
tes yguales: y a estas
ptes llamā dedos / o pū
tos. Y segū los puntos
del diametro de la luna
que cubre la sombra de
la tierra / o las partes dl
diametro del sol que cu-
bre la luna: tantos de-
dos / o pūtos se dira eclip
sar. Si seis / medio. Si
tres quarto. si quatro /
tercio. si nueue / tres q̃r-
tos. si ocho / dos tercios.
¶ Ha se tambien d no-
tar que aun q̃ el sol sea
mayor que la luna alas
vezes pesce la luna ma-
yor quel sol: y esto sera
q̃ndo el sol estuviere en
el auge dl eccētrico: y la
luna en el opposito del
auge del epiciclo. y quā
do assi parece lo puede
eclipsar

لوحة من كتاب، مارتين كورتيز دو ألباكار
«خلاصة موجزة لميدان فن الملاحة»، 1551.
Martin Cortes de Albacar; Breve Compendio de la esferay de
la arte de navigar, 1551.

وهـــذه هي النظرة التـــي جعلت صورة الحياة البشـــرية لا تختلف عن أي نوع آخر من صور الحياة على ظهر الأرض، ومع رســـوخ أعمال كل من تشـــارلز داروين وألفريد والاس خلال القرن التاســـع عشر، أصبح كل ما نحـــن في حاجة إليه لبيان كيفية تمايز الكائنات البشـــرية عن الأميبا هو فقط عملية التطور عن طريق الانتخاب الطبيعي في إطار زمني ممتد.

وتُبرز جميع الأمثلة التي ذكرتها هنا قسمة أخرى تميز تاريخ رواية القصـــة. كم هو طبيعي وصف الأحداث الكبرى الرئيســـية في صورة أعمـــال أنجزها أفـــراد، وكان كل منهم مَعلما مهما فـــي تاريخ العلم:

كوبرنيكس وفيسـاليوس وداروين ووالاس وغيرهم كثيرون. بيد أن هـذا لا يعني أن العلم تقدم نتيجة عمل سلسـلة ممتدة من عباقرة أفذاذ لا بديل عنهم بفضل ما تميزوا به من بصيرة نافذة أدركوا بها كيف يعمـل العالم. عباقرة ربما (وإن لم يكونـوا كذلك دائما)، أما القول بأفذاذ لا بديل عنهم فهذا غير يقيني. إن التقدم العلمي ينبني خطـوة بعد خطوة، وكمـا يوضح لنا مثال دارويـن وألفريد والاس، فإنه حين تنضج وتكتمل ظروف الزمن تسـنح الفرصة لشـخص أو اثنـين لكي يخطوا الخطـوة التالية وكل منهما مسـتقل عن الآخر. وربما تكون ضربة حظ أو مصادفة تاريخية هي السبب في أن يذكر التاريخ اسـما بذاته باعتبار صاحبه هو المكتشـف لظاهرة جديدة. ولعل ما هو أهم كثيرا من العبقرية البشـرية هو تطور التكنولوجيا، ومن ثم لا غرابة في أن بداية الثورة العلمية «توافقت» مع استحداث التلسكوب والميكروسكوب.

أحسب أن بإمكاني الإشارة إلى استثناء جزئي وحيد لهذا الموقف، بل بإمكاني أن أعدد الصفات المميزة لهذا الاسـتثناء بأكثر مما يفعل غالبيـة مؤرخي العلم. لقد كان إسـحق نيوتن حالـة خاصة بوضوح، سواء من حيث اتساع نطاق إنجازاته العلمية أو من حيث وضوح نهجه المميز في إرسـاء القواعد التي ينبغـي أن يرتكز عليها العمل العلمي. ولكن حتى نيوتن ذاته اعتمد على أسـلافه المباشرين، ونخص بالذكر منهم غاليليو ورينيه ديكارت. ووفق هذا المعنى نجد أن إسـهاماته هي تسلسـل طبيعي لما سـبقه. ولو لم يكن نيوتن عـاش بيننا لربما جمد التقـدم العلمي وأعيقـت حركته لبضعة عقود. وأعـود لأقول لبضعة عقود فقط. إذ ربما كان سـيظهر أدمونـد هالي أو روبرت هوك ومع كل منهما قانون التربيع العكسـي الشـهير عـن الجاذبية؛ وحدث أن ابتكر بالفعل غوتفريد ليبنيتس حساب التفاضل والتكامل في استقلال عـن نيوتن (وأفاد منه عمليا علـى نحو أفضل)؛ وأعاق نيوتن النظرية الموجيـة للضوء التي أتى بها كرسـتيان هوغينز علـى الرغم من أنها الأوفق، وذلك لتبنيه نظرية الجسيم المنافسة.

ولن يعوقني شيء من هذا عن أن أسترسل وأحكي الكثير جدا عن تصوري الخاص لتاريخ العلم في ضوء الضالعين فيه، بمن فيهم نيوتن. إن اختياري لأشخاص بذواتهم للتأكيد عليهم وإبراز دورهم بهذه الطريقة ليس الهدف منه أن أقدم عرضا شاملا وكاملا، كما إنني لا أهدف إلى أن يكون عرضي لحياة وأعمال كل منهم عرضا كاملا وافيا. بيد أنني اخترت قصصا أرى أنها تمثل تطور العلم في سياقه التاريخي. وطبيعي أن بعض هذا القصص والشخصيات الضالعة فيه قد تبدو مألوفة لنا، وبعضها الآخر (كما آمل أن تكون) أقل ألفة. ولكن أهمية الناس وحياتهم هي أنهم يعكسون المجتمع الذي عاشوا فيه. حين أناقش، على سبيل المثال، أسلوب عمل عالم بذاته بالمقارنة بغيره فإنني أقصد الإشارة إلى الطريقة التي أثر بها جيل من العلماء على الجيل التالي، قد يبدو هذا وكأنه محاولة لتجنب بيان كيف تحركت الكرة بداية - أعني «العلة الأولى». ولكن كم هو يسير في مثل هذه الحالة الكشف عن العلة الأولى - العلم الغربي بدأ انطلاقته الأولى نظرا إلى حلول عصر النهضة. وما كاد يبدأ انطلاقته الأولى، التي دعمتها التكنولوجيا، حتى ضمنت أنها ستستمر في الحركة، مقترنة بعدد من الأفكار العلمية الجديدة التي أفضت إلى تكنولوجيا محسنة. وزودت التكنولوجيا المحسنة العلماء بالوسائل اللازمة لاعتبار أفكار جديدة ضمانا للمزيد والمزيد من الدقة والضبط. جاءت التكنولوجيا، أولا ذلك لأنه بالإمكان عمل ماكينات عن طريق المحاولة والخطأ من دون فهم كامل للمبادئ الأساسية التي تعمل على أساسها. ولكن لم يكد العلم والتكنولوجيا يقترنان ويتلازمان معا، حتى انطلق التقدم بالمعنى الحقيقي للعبارة.

سوف أترك للمؤرخين الجدل بشأن لماذا ومتى وأين حدثت النهضة. وإذا كنت تريد تاريخا محددا مَعلما لبداية إحياء أوروبا الغربية، فإن العام 1453 هو التاريخ الملائم، إذ في هذه السنة احتل الأتراك القسطنطينية (في 29 مايو)، ومنذ ذلك التاريخ عرف الكثيرون من الباحثين المتحدثين باليونانية اتجاه الريح، وفروا ناحية الغرب (إلى إيطاليا أول الأمر)، حاملين معهم سجلاتهم ووثائقهم. وأخذت

الحركة الإنسانية الإيطالية على عاتقها مهمة دراسة تلك الوثائق، وقد كان هؤلاء معنيين للغاية بالإفادة بالتعاليم التي تضمنتها الأدبيات الكلاسيكية بغية إعادة تأسيس الحضارة من جديد وفق المسارات التي كانت قائمة قبل عصور الظلام. بيد أن هذا يربط بإحكام صعود أوروبا الحديثة باندثار آخر الآثار المتخلفة عن الإمبراطورية الرومانية القديمة. ولكن ثمة عاملا آخر مكافئا لذلك من حيث الأهمية، وسبق أن أكده كثيرون، وهو تفريغ أوروبا من سكانها بسبب الطاعون المعروف باسم الموت الأسود في القرن الرابع عشر، خاصة أن هذا حفز من بقوا على قيد الحياة على بحث الأساس الذي ينبني عليه المجتمع، ورفع كثير من كلفة الأيدي العاملة فضلا عن أنه شجع على ابتكار أجهزة تكنولوجية تحل محل القوى البشرية. ولكن حتى هذا ليس كل القصة. إذ نعرف أن استحداث يوهان غوتنبرغ لحروف الطباعة المتحركة في منتصف القرن الخامس عشر كان له أثره الواضح في النشاط الذي أصبح معروفا فيما بعد باسم العلم، وأسهمت الاكتشافات في استحداث تكنولوجيا جديدة وتطوير سفن للملاحة قادرة على عبور المحيطات، وأدى كل هذا إلى تحول عام للمجتمع.

وتحديد تاريخ نهاية عصر النهضة ليس أيسر من تحديد تاريخ البداية – ولنا أن نقول إنه لا يزال مطردا. ولعل التاريخ الملائم التقريبي هو 1700؛ ولكن الاختيار الأوفق من منظور الواقع الراهن قد يكون 1687، وهو العام الذي أصدر فيه إسحق نيوتن سِفره العظيم Philosophiae Naturalis Principia Mathemaxica «المبادئ الأساسية الرياضية للفلسفة الطبيعية»، وعبر عن هذا البابا إسكندر بقوله: «غمر النور كل شيء».

والفكرة الأساسية التي أريد أن أوضحها هنا هي أن الثورة العلمية لم تحدث منعزلة؛ كما أنها على وجه القطع واليقين لم تكن في مستهلها الحافز الرئيسي للتغيير. هذا على الرغم من أن العلم أصبح من نواح كثيرة (سواء من حيث تأثيره في التكنولوجيا أو تأثيره في النظرة للعالم) القوة الدافعة للحضارة الغربية. وأريد هنا أن أبين كيف تطور العلم، غير أنني لا أملك المساحة التي تؤهلني لكي أكون منصفا في

استعراض الخلفية التاريخية الكاملة، فضلا عن أن غالبية كتب التاريخ توفرت على أن تفي قصة العلم حقها. كذلك لا أملك المساحة الكافية لكي أكون منصفا لكل ما يتعلق بالعلم وأوفيه حقه هنا، ومن ثم إذا شاء القارئ سبر غور قصة أي من المفاهيم الأساسية في العلم من مثل نظرية «الكوانتم»، والتطور من خلال الانتخاب الطبيعي، أو «الصفائح التكتونية»، فإن عليه الاطلاع على كتب أخرى (من بينها كتبي). وطبيعي أن اختياراتي للأحداث التوضيحية ليست بالضرورة كاملة تماما، ومن ثم فهي تصطبغ بقدر من طابع الذاتية، بيد أن هدفي هو أن أقدم للقارئ إلمامه كاملة وسريعة عن العلم الذي انطلق بنا من فهم أن الأرض ليست مركز الكون، وأن البشر ليسوا استثناء داخل المملكة الحيوانية، ووصل بنا إلى نظرية الانفجار العظيم ثم إلى خريطة كاملة للجينوم البشري على مدى 450 سنة فقط.

وجدير بالذكر هنا ما قاله إسحق عظيموف في كتابه «المرشد الجديد إلى العلم» (وهو نوع مختلف تماما عن أي كتاب آخر يحدوني الأمل أن أكتب مثله)، إذ قال إن السبب الذي يدعونا إلى محاولة تفسير قصة العلم لغير العلماء هو:

> لا أحد يمكنه أن يشعر بالأمان والاطمئنان في العالم الحديث ويحكم برأي عن طبيعة مشكلاته - والحلول المحتملة لهذه المشكلات - ما لم تتوافر لديه فكرة عقلانية واعية عن القضايا التي تشغل العلم وهدفه من حسمها. زد على هذا أن الدخول إلى عالم العلم الرائع يحقق إشباعا عظيما، وللشباب إلهاما فياضا، فضلا عن الوفاء بالرغبة في المعرفة، وتقدير وفهم أكثر عمقا للإمكانات والإنجازات المثيرة للدهشة المميزة للعقل البشري.

إنني لا أستطيع أن أعبر بأفضل من ذلك. إن العلم أحد أعظم إنجازات العقل البشري (بل هو الإنجاز الأعظم قاطبة)، ويؤكد الواقع أن التقدم تحقق القسط الأكبر منه عمليا على أيدي أفراد عاديين ذوي ذكاء وجد

واجتهاد، وبنوا خطوة بعد خطوة تأسيسا على عمل أسلافهم، وصاغوا القصة المثيرة للاهتمام وليس أقل من ذلك. ولا مشاحة في القول إن أيا من قراء هذا الكتاب لو كان في المكان الصحيح والزمن الصحيح لاستطاع إنجاز الاكتشافات العظيمة التي نحكيها هنا. وحيث إن حركة تقدم العلم في اطراد مستمر لم يوقفها شيء، فإن بعض هؤلاء القراء ربما تتهيأ لهم الفرصة للمشاركة في الخطوة التالية التي ينتظرها التاريخ.

جون غريبين

يونيو 2001



الكتاب الأول

الخروج من عصور الظلام

I

رجال عصر النهضة

> «إن القلب هو مبتدأ الحياة،
> إنه شمس الكون الصغير»
>
> **وليام هارفي**

الخروج من الظلام

عصـــر النهضة هـــو العصـــر الذي ســقطت فيه عن الأوروبيين رهبتهم من القدماء، وأدركوا أنهم - ســواء بسواء - مثل الإغريــق والرومان في القدرة على الإســهام في بناء الحضــارة والمجتمع. وليس اللغز، كما تراه الأعين في العصر الحديــث، أن مــا حــدث كان لا بد أن يحدث، بل اللغز هو أن يستغرق كل هذا الوقت حتى يتخلصوا من عقدة الدونية. وغير خاف أن الأسباب التفصيلية لذلك تخرج بنا عن نطاق هذا الكتاب. بيد أن كل من تســنت له زيارة مواقع الحضارة الكلاســيكية المطلة على البحر الأبيض المتوسط بوســعه أن يلمح لماذا كان أبناء

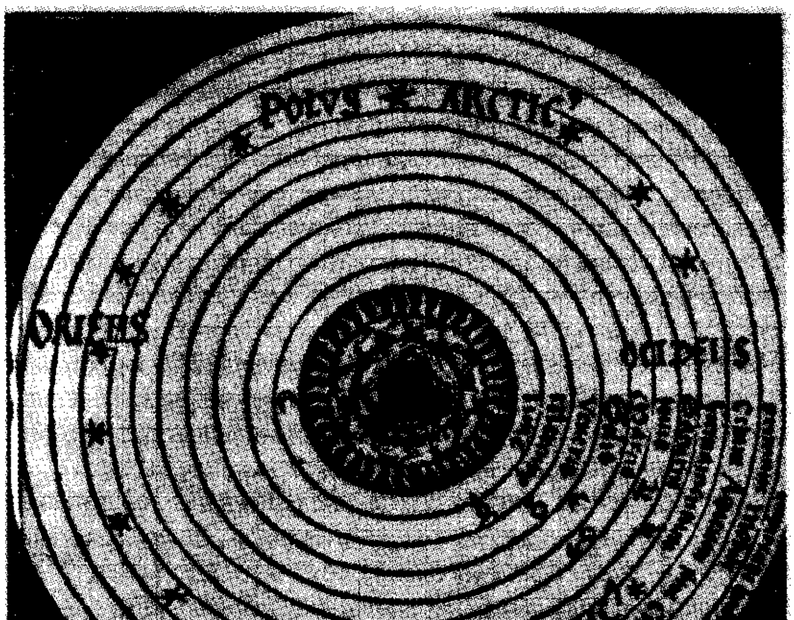
عصــور الظلام (في الفترة تقريبا بــين 400 و900م)، بل وأولئك من أبناء العصر الوسيط (في الفترة تقريبا بين 900 و1400) يسود بينهم هذا الشـعور. إن صروحا مثـل معبد البانثيون ومـدرج الكلوزيوم في رومـا لا تزال تفيض رهبة حتى اليوم، وفي وقت فقدنا فيه كل المعارف المتعلقـة بكيفية بناء هـذه الصروح بدا للناس وكأنهـا من صنع أنواع مغايرة مـن الكائنات - أو الأربـاب. وكم كان طبيعيـا قبول الاعتقاد بـأن القدماء أسـمى فكريا بمراحل من الأتبـاع العاديين الذين جاءوا مـن بعدهم، وذلك بعد أن أوضحـت البراهين المادية، بما فيه الكفاية، صدق ظن الناس أن القدماء تميزوا بقدرة فائقة ومذهلة تضارع قدرة الأرباب، وبعد أن اكتشـف الباحثون في بيزنطة منذ عهد قريب متونا تمثل هي الأخرى شـاهدا على البراعة الفكرية للقدماء. وهكذا أيضا كان طبيعيا بالنسـبة إلى هؤلاء البسـطاء أن يقبلوا تعاليم الفلاسـفة الأقدمين من أمثال أرسـطو وإقليـدس باعتبارهما نوعا من النصوص المقدسـة التي عليهم قبولها دون السـؤال عنها أو الشـك فيها. وكان هذا في الحقيقة هو الحال السـائدة للأمور في بداية النهضة. ونظرا إلى أن الرومان سـاهموا بنزر يسـير جدا في الحوار بشـأن ما يمكن أن نسـميه اليوم النظرة العلمية إلى العالم، فإن هذا يعني أن الحكمة الموروثة حتى زمن النهضة عن طبيعة الكون ظلت كما هي دون أن يطرأ عليها أي تغيير جوهري منذ أيام المجد الإغريقي القديم، أي قبل نحو 1500 سنة تقريبا من ظهور كوبرنيكس على مسرح الأحداث. ومع هذا مـا كادت هذه الأفكار تواجه تحديا حتى انطلق التقدم سـريعا وعلى نحـو مثير بعد أربعة عشـر قرنا من الركود. ومضى أقل من خمسـة قـرون منذ زمن كوبرنيكس حتى يومنا الراهن. وثمة حقيقة، وإن بدت مبتذلة، هي أن الإيطالي العادي من أبناء القرن العاشـر ما كان ليشعر بأي غربة أو غرابة إزاء ما حوله لو أنه عاش في القرن الرابع عشـر. بيد أن هذا الإيطالي من أبناء القرن الرابع عشر سوف يجد أن القرن الواحد والعشـرين أشـد غرابة بكثير مما كان له أن يجده لو أنه في إيطاليا القياصرة.

أناقة ودقة كوبرنيكس

كان كوبرنيكس نفسه شخصية وسطية في إطار الثورة العلمية، وتماثل بطريقة مهمة مع فلاسفة الإغريق القدامى أكثر من العلماء المحدثين. إنه لم يجر تجارب، ولا قام حتى بعمليات رصد خاصة به لمراقبة السماء (أو أنه على الأقل لم يقم بشيء من هذا على درجة مهمة ذات بال)، ولم يتوقع أن يحاول أي امرئ آخر اختبار أفكاره، وتمثلت فكرته العظمى في جوهرها الخالص بأنها فكرة، أو ما يمكن أن نسميه اليوم تجربة فكرية، والتي تعرض أسلوبا جديدا وبسيطا لتفسير نمط السلوك نفسه للأجرام السماوية والذي سبق أن فسره بطليموس وفق منظومة تصورها (أو روج لها) وتتصف بأنها أكثر تعقيدا. والمعروف أن أي عالم في العصر الحديث توافرت لديه فكرة ألمعية عن طريقة عمل الكون، فإن أول هدف له سيكون اكتشاف طريقة لاختبار الفكرة عن طريق التجربة أو الملاحظة، لبيان مدى صحتها لوصف العالم. بيد أن هذه الفكرة الأساسية لاستحداث المنهج العلمي لم يتم اتخاذها في القرن الخامس عشر، ولم يطرأ على بال كوبرنيكس إطلاقا اختبار هذه الفكرة - أعني نموذجه الذهني عن كيفية عمل الكون - وذلك عن طريق إجراء ملاحظات عديدة بنفسه أو تشجيع آخرين لإجراء مثل هذه الملاحظات. بدا لكوبرنيكس أن نموذجه أفضل من نموذج بطليموس لأنه بلغة العصر الحديث أكثر أناقة. إذ كثيرا ما تبدو الأناقة والدقة دليلا موثوقا به، ولكنه غير معصوم للتعبير عن جدوى نموذج ما. ومع هذا تبين عمليا في هذه الحالة تحديد أن حدس كوبرنيكس كان صوابا.

وكانت منظومة بطليموس تفتقد يقينا الأناقة والضبط. والمعروف أن بطليموس (عرف أحيانا ببطليموس السكندري) عاش في القرن الثاني للميلاد، ونشأ في الإسكندرية في مصر التي عاشت لزمن طويل في ظل نفوذ ثقافة الإغريق (كما يدل على ذلك اسم المدينة التي عاش فيها على نحو ما تثبت السجلات). ونحن لا نعرف غير النزر اليسير جدا عن حياته، ولكننا نجد من بين الأعمال التي خلفها لنسله من بعده موجزا عظيما عن الفلك، مؤسسا على 500 سنة من الفكر الإغريقي في مجال

الفلــك والكوزمولوجيا (نواميس الكون). واشــتهر الكتاب بعنوانه العربي، «المجســطي»، والتــي تعني «الأعظم». ويعطينا هذا صــورة عن كيف نظر الناس إليــه على مدى القــرون التالية؛ ويصفه عنوانــه الإغريقي بعبارة بسيطة هي «المصنف الرياضي»، ونلاحظ أن المنظومة الفلكية التي يصفها بعيــدة كل البعد عن القول إنها فكــرة بطليموس الخاصة، على الرغم من أنــه، عدَّل فيما يبدو على نحو تعســفي أفكار الإغريــق القدامى الواردة فيه وعمد إلى تطويرها. بيد أن بطليموس، على غير الحال بالنســبة إلى كوبرنيكس، يبدو أنه أنجز عمليــات رصد مهمة خاصة به لرصد حركات الكواكب، كما أعاد رسم حالات الرصد التي نفذها أسلافه (وجمع مصنفا للخرائط المهمة عن النجوم).



3 - نموذج بطليموس عن مركزية الأرض للكون من كتاب ريش «اللؤلؤة الفلسفية»، 1503
Reisch's "Margarita Philosophica", 1503

وترتكــز منظومــة بطليموس على فكرة مؤداها أن الأجرام الســماوية لا بــد أن تتحرك في دوائر كاملة، وذلك لســبب بســيط هــو أن الدوائر تتصــف بالكمال (وهذا مثال يوضح كيف أن الأناقــة لا تقودنا بالضرورة

إلى الحقيقة). وكان الاهتمام آنذاك محصورا في خمسة كواكب معروفة (عطارد والزهرة والمريخ وزحل والمشترى) علاوة على الشمس والقمر والنجوم. وكان يتعين على بطليموس أن يجري تعديلين أساسيين على الفكرة الرئيسية التي تقضي بأن الأرض تحتل مركز الكون وأن كل ما عداها يدور حولها. وذلك لكي يجعل حركات الأجرام المرصودة مطابقة لشرط الحركة في دوائر كاملة دائما. وأول هذين التعديلين (والذي حظي بتفكير طويل في السابق) هو أن حركة أي كوكب يمكن وصفها بقولنا إنها دارت في دوائر كاملة صغيرة حول نقطة دارت هي الأخرى في دائرة كاملة كبيرة حول الأرض. وتسمى هذه الدائرة الصغيرة (أشبه بدائرة داخل دائرة) فلك التدوير. ويمثل التعديل الآخر، والذي يبدو أن بطليموس عمد إلى صقله بنفسه، في أن الأفلاك البلورية، كما اشتهر اسمها، (وكلمة بلورية تعني في هذا السياق غير مرئية أو خافية) التي تحمل الأجرام السماوية تدور في دوائر لم تكن تدور فعليا حول الأرض، بل حول مجموعة من النقاط على مبعدة قليلا من الأرض تسمى «نقاط التقابل» (حول نقاط تقابل مختلفة، بغية تفسير تفاصيل حركة كل جرم سماوي على حدة). وكانت الأرض لاتزال في نظر الباحثين الجرم السماوي المركزي في الكون، ولكن كل ما عداها يدور حول نقاط التقابل وليس حول الأرض ذاتها، وتسمى الدائرة الكبرى التي تمثل التقابل مركزها «الناقل Deferent أو دائرة التدوير الكبرى»(*).

وأفاد النموذج عمليا، بمعنى أن أصبح بالإمكان للمرء أن يستخدمه لوصف طريقة الحركة الظاهرية للشمس والقمر والكواكب في ضوء خلفية النجوم الثابتة (ثابتة بمعنى ثبات نمطها الظاهر بينما هي مستمرة في حركتها حول الأرض). وكان الظن أنها كلها مرتبطة بفلك بلوري خارج مجموعة الأفلاك البلورية المتداخلة التي تحمل الأجرام الأخرى حول النقاط المقابلة الخاصة بها. ولكن لم تجر محاولة لتفسير العمليات الطبيعية التي أبقت حركة كل شيء على هذا النحو، ولا لتفسير

(*) تفترض منظومة بطليموس أن الكواكب تتحرك في دوائر صغرى تسمى فلك التدوير epicycle وتتحرك هذه بدورها على مدى دائرة أكبر تسمى فلك دائرة التدوير الكبرى Deferent أو بناقل. [المترجم].

طبيعة الأفلاك البلورية. عـلاوة على هذا تعرضت المنظومة لانتقادات كثيرة بسـبب تعقدها المفرط، فضلا عن أن الحاجة إلى افتراض نقاط التقابـل جعلت كثيرين من المفكرين يشـعرون بالقلق إزاءها - إذ أثارت شـكوكا عما إذا كانت الأرض يلـزم النظر إليها باعتبارها مركز الكون. وأكثـر من هذا أن ظهرت اتجاهات لتأمـلات فكرية (تعود في الماضي إلى أيام أرسـطارخوس في القرن الثالـث ق. م وكانت تعود إلى الحياة مـن حين إلى آخر على مدى القرون التالية لأيام بطليموس) تذهب إلى احتمـال أن تكون الشـمس هي مركز الكون بينمـا كوكب الأرض يدور حولهـا. بيد أن مثل هذه الأفـكار لم تجد اسـتجابة ولا مناخا داعما لها. وسـبب ذلك أساسا أنها تتعارض صراحة مع «الحس العام». وبدا واضحا أن الأرض الصلبة لا يمكن أن تتحرك! وهذا أحد الأمثلة المهمة للغايـة الدالة على الحاجة إلى تجنـب العمل اعتمادا على الحس العام إذا ما أراد المرء معرفة كيف يسير العالم.

وثمة دافعـان محددان حفزا كوبرنيكس على النهوض بعمل شـيء ما أفضـل من نمـوذج بطليمـوس. الأول أن كل كوكب، علاوة على الشـمس والقمر، يتعين التعامل معه مسـتقلا داخل النموذج، وتأسيسـا على بعده العمـودي الخاص عن الأرض وأفلاك التدويـر. ولم يتوافر آنذاك وصف شـامل متماسك للأشياء لكي يفسر ماذا يجري. ثانيا كانت هناك مشكلة محددة شـغلت الناس زمنا طويلا، ولكن عمدوا دائما إلى إخفائها. إذ إن البعد العمودي لمدار القمر عن الأرض يسـتلزم تفسير التغيرات التي تطرأ على السـرعة الظاهرية لحركة القمر في السـماء. وبدت التغيرات كبيرة جدا بمـا يوجب أن يقترب القمر كثيرا من الأرض في بعض أيام الشـهر دون أيـام أخرى - معنى هـذا ضرورة أن يتغير حجمه الظاهري بنسـبة كبيرة (وبقدر يمكن حسـابه) وهو ما لا يحدث. ويمكن القول بمعنى ما إن منظومة بطليموس تسـهم بالفعل في عمل تنبـؤ يمكن اختياره عن طريق الرصد ولكنها أخفقت في هذا الاختبار، ومن ثم فإنها لا تقدم وصفا جيدا عن الكـون. ولكن كوبرنيكس لم يفكر على هذا النحو، وإن كانت مشـكلة القمر جعلته يقينا يستشعر قلقا إزاء نموذج بطليموس.

وصعد نيقولاوس كوبرنيكس على المسرح مع نهاية القرن الخامس عشر. وهو من مواليد تورون، وهي مدينة بولندية تطل على فيستولا، وذلك في 19 فبراير العام 1473، وكان اسمه أصلا ميكولاج كوبرنيك غير أنه غيره إلى صورته اللاتينية بعد ذلك (وهي عادة شائعة في عصره، خاصة في أوساط الإنسانيين من أبناء عصر النهضة). توفي والده التاجر الثري في العام 1489 أو 1484، وتربى نيقولاوس من بعده في بيت عمه لوكاس واكزينرود الذي أصبح قسيس إيرملاند. وفي العام 1491 (قبل عام واحد من مشروع كرستوفر كولومبس برحلته الأولى إلى الأمريكتين) بدأ نيقولاوس دراسته بجامعة كراكوف، حيث أصبح على ما يبدو مهتما غاية الاهتمام بالفلك. وانتقل في العام 1496 إلى إيطاليا حيث درس القانون والطب، مثلما درس أيضا الكلاسيكيات العادية والرياضيات في بولونا وبادوا، قبل حصوله على درجة الدكتوراه في القانون المدني من جامعة فيرارا في العام 1503. ويعتبر كوبرنيكس ابنا حقيقيا لعصره، ومن ثم تأثر بقوة بالحركة الإنسانية في إيطاليا ودرس الكلاسيكيات المقترنة بتلك الحركة. والحقيقة أنه في العام 1519 نشر مجموعة من الرسائل الشعرية من نظم الكاتب والشاعر ثيوفيلوس سيموكاتا (بيزنطي من القرن السابع) وقد ترجمها نيقولاوس عن الإغريقية القديمة إلى اللاتينية.

ومع الوقت أكمل كوبرنيكس رسالته لنيل الدكتوراه، وكان قد شغل قبل ذلك وظيفة كاهن في كاتدرائية فرومبورك في بولندا حيث عينه هناك عمه لوكاس - وهذه حالة نموذجية لظاهرة المحاماة التي منحته وظيفة تدر عليه دخلا من دون عمل والتي بقي فيها بقية حياته. ولكن ما كاد يحل العام 1506 حتى عاد إلى بولندا للإقامة الدائمة (مما يعطي القارئ فكرة إلى أي مدى لم يكن هو في مسيس الحاجة إلى الوظيفة). وعمل هناك طبيبا وسكرتيرا لعمه إلى أن مات لوكاس في العام 1512. وبعد وفاة العم أبدى كوبرنيكس مزيدا من الاهتمام بواجبات وظيفته ككاهن، ومارس الطب كما شغل عديدا من الوظائف المدنية المتواضعة والمتباينة. وهيأت له كل هذه الوظائف وقتا كافيا لمتابعة اهتماماته بعلم الفلك. بيد أن أفكاره الثورية عن موقع الأرض في الكون سبق له أن أكمل صياغتها مع نهاية العقد الأول من القرن السادس عشر.

الأرض تتحرك!

لم تظهر هذه الأفكار من فــراغ، وجدير بالذكر أن كوبرنيكس حتى في إسهامه الرئيســـي للفكر العلمي (والذي ينظر إليه البعض باعتباره الإســـهام الأعظم في مجال الفكر العلمـــي) كان لايزال ابن زمانه. وأن استمرارية واتصال العلم (والتعسف في مواقيت البداية للتواريخ) تتجلى واضحة مـــن أن كوبرنيكس كان واقعا تحت تأثير قوي لكتاب صدر في العـــام 1496. وهذا هو الوقت نفســـه الذي بدأ منــــه الطالب وهو في الثالثة والعشرين من عمره الاهتمام بالفلك. ومؤلف الكتاب هو الألماني يوهانز موللر (مواليد كونيغسبيرغ في العام 1436، وعرف أيضا باسم ريجيو مونتانوس، وهذه هي الصيغة اللاتينية لمســـقط رأســـه). وعمل المؤلـــف على تطوير أفكار زميله القـــديم ومعلمه جورج بيورباخ (مواليد 1423) الـــذي تأثر بطبيعـــة الحال بآخرين قبله إلـــى زمن غير معلوم. وعمـــد بيورباخ إلى العمل علـــى إصدار موجز حديـــث (أي في القرن الخامس عشـــر) من كتاب بطليموس «المجسطي». وكانت أحدث نسخة متاحة هي الترجمة اللاتينية التي ترجمها جيرارد الكريموني في القرن الثاني عشـــر، والمترجمة عن نص عربي هو أصلا مترجم عن الإغريقية قبل ذلك بزمن طويل. وراود بيورباخ حلم مؤداه العمل على تحديث هذا الكتـــاب بالعودة إلى أقدم الأصول الإغريقية المتاحة (التي وجد بعضها آنذاك في إيطاليا عقب ســـقوط القســـطنطينية). ولكنه، لسوء الحظ توفي العام 1461، قبل أن ينجز مهمته، على الرغم من أنه كان قد شرع في إعداد كتاب تمهيدي يلخص فيه طبعة «المجســـطي» المتاحة. وبينما بيورباخ على سرير الموت سأل ريجيومونتانوس أن يعده باستكمال العمل، وهـــذا هو ما فعله، وإن لـــم يتم إنجاز الترجمة الجديـــدة لبطليموس. بيـــد أن ريجيومونتانوس أنجز ما هو أفضل مـــن نواح كثيرة، إذ أصدر كتابه «الموجز» الذي لا يكتفي فيه بتلخيص محتويات «المجســـطي»، بل أضاف تفاصيل عمليات رصد للســـماء تمت في فتـــرات تالية، وراجع بعض الحســـابات التي أجراها بطليموس كما ضمـــن النص بعضا من التعليقـــات النقدية (هي في ذاتها دليـــل على ثقة رجل النهضة بمكانته

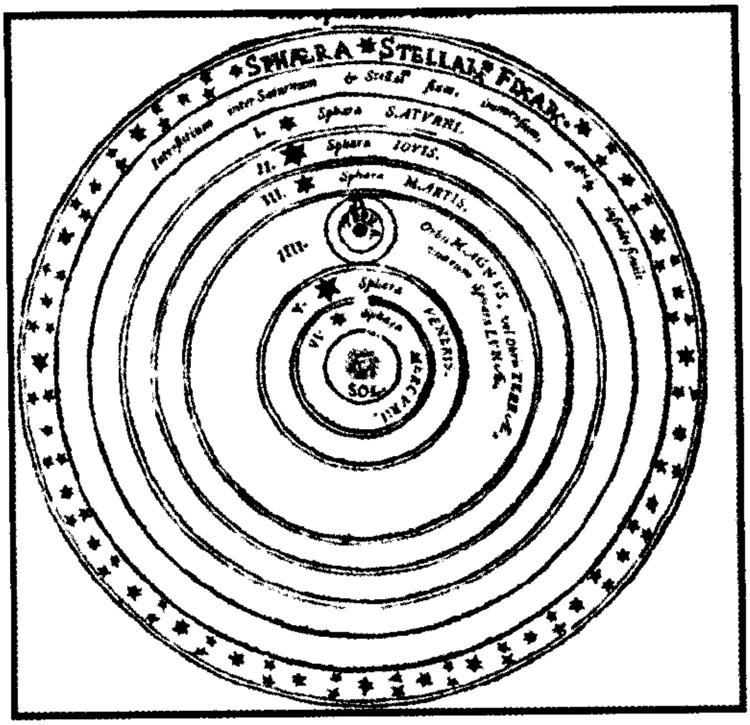
كنـــد للأقدمين). وتضمن هذا التعليق جزءا من لوحة توجه الأنظار إلى نقطة رئيسية سبق أن ذكرناها، وتشير إلى حقيقة أن الحجم الظاهري للقمر على صفحة السماء لا يتغير كما تقضي منظومة بطليموس. وعلى الرغم من أن ريجيومونتانوس توفي العام 1476، فإن كتابه «الموجز» لم يصدر إلا بعد عشرين سنة أخرى وقتما حفز الكتاب الشاب كوبرنيكس على التفكير. وطبيعي لـــو أنه كان قد صدر قبل وفاة ريجيو مونتانوس فإن كل الاحتمالات ترجح أن شـــخصا آخر غيـــر كوبرنيكس (الذي لم يتجاوز الثالثة من العمر في العام 1476) كانت ستنعقد له الريادة.

ونلحظ أن كوبرنيكس نفســـه لم يتعجل لطبـــع أفكاره. إذ نعرف أن نموذجـــه للكـــون اكتمل بشـــكل جوهـــري بحلول العـــام 1510، ذلك لأنـــه بعد فترة غير طويلـــة وزع موجزا من تلـــك الأفكار على عدد قليل مـــن أصدقائه المقربين جدا له في صورة مســـودة تحمل عنـــوان Commentariolus (أي تعليق صغير). وليس من دليل على أن كوبرنيكـــس كان معنيـــا كثيرا بمخاطرة اضطهاد الكنيســـة له لو أنه نشـــر أفكاره بشـــكل رســـمي أكثر - وحقيقة الأمر أن يجوهان فيدمانشـــتاد ســـكرتير البابا قدم عرضا لكتاب Commentariolus فـــي محاضرة بالفاتيـــكان حضرها البابا كليمنث الســـابع والعديد من الكاردينالات. وبعدها كتب أحـــد الكاردينالات ويدعى نيكولاس فون شونبرغ رســـالة إلى كوبرنيكس يحثه على نشر الكتاب، وضمن كوبرنيكس الرسالة في مستهل رائعته المعنونة De Revolutionibus Orbium Coelestium (عن دوران الأفلاك السماوية)، وذلك عندما نشر أفكاره أخيرا العام 1543.

إذن الســـؤال: لماذا عمد إلى إرجاء النشـــر؟ ثمة عاملان: الأول أن كوبرنيكس كان مشـــغولا جدا. ومن ثم فإن الإشارة إلى منصبه كاهنا باعتبـــاره منصبا يـــدر دخلا بلا عمل ربما تكون إشـــارة غير دقيقة. ولكن ليس معنى هذا أنه كان راغبا بكل إرادته في الجلوس مســـتمتعا بدخله ليلهو في مجال الفلك ويدع العالم الخارجي يمضي على حاله ولا شـــأن له بـــه، ذلك أن كوبرنيكس الطبيب عمل لحســـاب الطائفة

الدينيـــة المقيمة حـــول كاتدرائية فرومبورك، كمـــا عمل من دون أجر للفقـــراء. وعكف باعتباره رياضيا على إعـــداد خطة لإصلاح العملة النقدية (وليســـت هـــذه آخر مرة ينهض فيها عالم شـــهير بمثل هذه المهمة)، وأفادت الأبرشـــية أيما إفادة بدراســـته وخبرته في القانون. ووجد نفســـه أيضا مرغما علـــى أداء خدمة لم يتوقعها، وذلك عندما غزا المنطقة فرســـان تيوتون (وهي طائفة أخوية عسكرية دينية على غـــرار رجال الحروب الصليبية والتي ســـيطرت على دويلات شـــرق البلطيق وبروســـيا) في العام 1520. وتولى كوبرنيكس قيادة قلعة في ألنشتاين، وصمد في الدفاع عن البلدة ضد الغزاة أشهرا عديدة. لقد كان في الحقيقة مشغولا جدا.

لكن ثمة سببا آخر لإحجامه عن النشر. عرف كوبرنيكس أن نموذجه عـــن الكون أثار أســـئلة جديدة، حتى إن كان يجيـــب عن ألغاز قديمة - وعرف أنه لا يجيب على جميع الألغاز القديمة. وســـبق أن أشـــرنا إلى أن كوبرنيكـــس لم يجر عمليات رصد كثيرة (وإن كان قد أشـــرف على بناء برج غير مســـقوف لاستخدامه مرصدا). لقد كان مفكرا وفيلسوفا علـــى طريقة قدامـــى الإغريق أكثر منه عالما حديثا. وإن الشـــيء الذي أثار قلقه بحدة بشـــأن منظومة بطليموس، والذي يتمثل في لغز القمر، هو دور وعمل نقاط التقابل. إذ إنه لم يقبل الفكرة لأســـباب ليس أقلها أن الكواكـــب المختلفة بحاجة إلى نقاط تقابل مختلفة. ومن ثم يبرز هنا الســـؤال أين المركز الحقيقـــي للكون؟ أراد نموذجا يجد كل شـــيء فيه يتحرك حول مركز واحد بمعدل غير متغير. وأراد ذلك لأسباب جمالية بقدر ما أرادها لأســـباب أخرى. ومن ثم استهدف نموذجا يكون سبيلا لإنجاز هذا الغرض، ولكنه أخفق في الوفاء بهذه الشـــروط. ولذلك كان وضع الشـــمس في مركز الكون خطوة كبرى على الطريق. ولكن لايزال مضطرا إلى جعل القمر يدور في فلك حول الأرض، ولايزال في حاجة إلى أفلاك التدوير لتفســـير لماذا تبدو الكواكب لنا وكأنها تبطئ وتسرع في مداراتها.



4 - نسخة قديمة تصور الشمس مركزا للكون من
كتاب دهيتيكوس «العرض الأول»، 1596
Rheticus's Narratio Prima 1596

كانت أفلاك التدوير أسـلوبا لقبول وجود انحرافات عن الحركة الدائرية الكاملـة على الرغم من الزعم بألا انحرافات عـن الحركة الدائرية الكاملة. ولكن كانت النجوم هي أضخم مشـكلة تتعلق بنظـرة كوبرنيكس إلى العالم. إذ لو كانت الأرض تدور في فلك حول الشـمس، والنجوم ثابتة بالنسـبة إلى فلـك بلورى خـارج الفلك الحامل لأبعد كوكب، إذن فـإن حركة الأرض لا بد وأن تتسـبب في حركة ظاهرية في النجوم ذاتها - وهي ظاهرة معروفة باسم اختلاف زوايا النظر. أو اختلاف الموقع، مثال ذلك إذا كنت تجلس داخل سيارة تتحرك على امتداد الطريق، فسـوف تتخيل أن العالم خارج السيارة يتحرك في اتجاه عكسي لك. وإذا كنت جالسا على ظهر كوكب الأرض المتحرك إذن، لماذا لا ترى النجوم تتحرك؟ بدا التفسـير الوحيد لذلك أن النجوم لا بد أنها بعيـدة جدا جدا عن الكواكـب، ولو مئات المرات على الأقل، بحيث إن ظاهرة اختلاف الموقع تكون أصغر من أن تراها العين المجردة. ولكن لماذا ترك الرب مثل هذا الفضاء الواسع، وهو على أقل تقدير أكبر مئات المرات من المسافات الفاصلة بين الكواكب، بين أبعد كوكب وبين النجوم؟

ظهرت مشـــكلات أخرى مثيرة للحيرة فيما يتعلــق بالأرض المتحركة، إذا كانت الأرض تتحرك إذن لماذا لا نســـمع صوت صرير الرياح التي تهب عاتية مـــن حولنا بشـــكل ثابت مثل صـــوت الريح التي تندفع بين خصلات الشـــعر حين يقف المرء داخل ســـيارة مفتوحة الســـقف وتتحرك ســـريعة على امتداد الطريق؟ لماذا لا تتسبب الحركة في إراقة مياه المحيطات على ضفافها محدثة أمواجا عاتية تغطى الشواطئ؟ بل لماذا في حقيقة الأمر لا تهز الحركة الأرض وتجعلها تتصدع؟ وحري أن نتذكر أن كلمة الحركة في القرن الســـادس عشر كانت تعني اعتلاء صهوة جواد يعدو سريعا أو ركوب عربة تجرها الخيل فوق طرق مملوءة بالتعاريج والأخاديد. كم كان عســـيرا فهم معنى الحركة السلسة من دون توافر خبرة عنها - وجدير بالذكر أن الناس في أواخر القرن التاسع عشـــر كان يساورهم قلق شديد بشأن السفر بســـرعة تضارع سرعة القطار آنذاك، والتي كانت تصل إلى 15 ميلا في الساعة، إذ كان الاعتقاد أنها تدمر صحة الإنســـان. ولم يكن كوبرنيكس عالم طبيعيـــات ومن ثم لم يحاول حتى مجـــرد الإجابة عن هذه الأســـئلة. ولكنه عرف أنها تثير شـــكوكا (من منظور القرن السادس عشر) إزاء أفكاره.

وظهرت مشـــكلة أخرى ولكنها تخرج بالكامل عن نطاق معارف القرن الســـادس عشر. إذا كانت الشـــمس تحتل مركز الكون، إذن لماذا لا تسقط كل الأجـــرام في داخلها؟ كان كل ما يســـتطيع كوبرنيكـــس قوله هو أن كل الأجســـام الأرضية تنزع إلى الاتجـــاه إلى الأرض والســـقوط فوقها، وأن الأجرام الســـماوية تنزع إلى الســـقوط في اتجاه الشمس، والأجسام التي يربطها نسب بالمريخ سوف تتجه إلى المريخ والسقوط فيه، وهكذا دواليك. وإن مـــا يريد قوله في الحقيقة هو: «نحن لا نعرف». ولكن واحدا من أهم الدروس المستفادة على مدى القرون منذ كوبرنيكس هو أن النموذج العلمي ليس ملزما بالضرورة بتفسير كل شيء لكى تقول إنه نموذج جيد.

واقتنع كوبرنيكس بأن يضع أفكاره في صيغة قابلة للنشـــر على الرغم من كثرة مشـــاغله وشـــكوكه، وذلك بعد وصول جورج يواقيم فون لوشين (ويعرف باســـم رهيتيكوس) إلى فرومبورك في ربيع 1539. كان ريهيتيكوس أســـتاذا للرياضيات في جامعة ويتنبرغ وســـمع عن أعمال كوبرنيكس، ولذلك أتى إلى

فرومبـــورك خصيصا ليعــرف الكثير عنها؛ وأدرك أهميتهـــا، وقرر أن يتولى مســـؤولية نشـــرها. وتكاتفا معا لهذا الغرض. وأصـــدر ريهيتيكوس في العام 1540 كتيبا بعنوان Narratio Prima de Libtus Revolutionum (أول عرض لكتاب كوبرنيكس الثوري. ويشـــار إليه عادة بعبارة «العرض الأول»). ويلخص الكتاب القســـمة الرئيسية المميزة لنموذج كوبرنيكس وهي حركة الأرض حول الشـــمس. ووافق كوبرنيكس أخيرا على نشر كتابه العظيم على الرغم من (أو ربما بســـبب) أنه أصبـــح الآن كهلا. وتعهد ريهيتيكوس بالإشـــراف على طبع الكتـــاب في نورمبرغ. حيث كان مقره هناك، ولكـــن (كما يقال عادة) لا تأتي الرياح بما تشـــتهى الســـفن. إذا اضطر ريهيتيكوس إلى مغادرة المدينة ليتولى منصبـــا جديدا في ليبـــزغ قبل أن يكتمل تجهيز الكتـــاب لدفعه إلى المطبعة. وعهد بالمهمة إلى أندريا أوســـياندر نيابة عنه وهو قســـيس لوثري، أخذ على عاتقـــه إضافة تصدير مـــن دون توقيع يوضح فيه أن النمـــوذج المعروض في الكتاب لا يستهدف تقديم عرض لحقيقة الكون، بل هو مجرد أسلوب رياضي لتبســـيط الحســـابات التي تتعلق بحركات الكواكب. وطبيعي أن أوســـياندر، بحكـــم كونه لوثرى المذهب، كان له كل الحق في التوجس من احتمال ألا يلقى الكتاب قبولا، وذلك لأنه حدث قبل نشـــره أن مارتن لوثر نفسه (وهو معاصر لكوبرنيكـــس عاش من 1483 حتـــى 1546) اعترض على نموذج كوبرنيكس، وأرغـــى وأزبد مؤكدا أن الكتاب المقدس يخبرنا أن يوشـــع أمر الشـــمس دون الأرض أن تظل ساكنة.

لم تكن لدى كوبرنيكس فرصة للشكوى من التصدير إذ قد وافته المنية العام 1543، وهو عام صدور مؤلفه العظيم. وثمة قصة مثيرة للمشـــاعر، وإن بدت مصطنعة، تقول إنه تلقى نســـخة وهو طريح فراش الموت، ولكن سواء صحت القصة أم لا، فإن المؤكد أن الكتاب صدر دون أن يكون هناك من يدافع عنه سوى ريهيتيكوس الذي لا يكل ولا يمل (وتوفي عام 1576).

ومن دواعي السخرية أن نظرة أوسياندر تتسق مع النظرة العلمية الحديثة عـــن العالم. إن جميع أفكارنا عن الطريقـــة التي يعمل بها العالم باتت مقبولة الآن باعتبارها نماذج بســـيطة معروضة لتفســـير الملاحظات ونتائج التجارب على أفضل ما يكون. وثمة شعور بأن من المقبول وصف كوكب الأرض باعتباره

مركز الكون، وأن نجري جميع القياسات بالنسبة إلى الأرض. ويفيد هذا تماما عندما نكون، كمثال، بصدد التخطيط لإطلاق صاروخ إلى القمر. بيد أن مثل هذا النموذج يصبح معقدا أكثر فأكثر عندما تحاول وصف سلوك أجرام أبعد وأبعد عن كوكب الأرض داخل المنظومة الشمسية. مثال ذلك أنه عند حساب انطلاق مجس للفضاء متجها، لنقل مثلا، إلى زحل فإن علماء وكالة الفضاء الأمريكية ناسا يتعاملون مع الشمس، في هذه الحالة، باعتبارها مركز الكون على الرغم من أنهم يعرفون أن الشمس ذاتها تدور في فلك حول مركز مجرتنا، المسماة بدرب التبانة. معنى هذا أن العلماء يستخدمون النموذج الأبسط الذي يتوافر لديهم ويتسق مع جميع الحقائق ذات الصلة بمجموعة مميزة من الظروف. وطبيعي أنهم جميعا لا يستخدمون النموذج نفسه في جميع الأحيان. إننا إذ نقول إن فكرة أن الشمس مركز للكون إنما هي مجرد نموذج يساعد على عمل الحسابات الخاصة بأفلاك الكواكب، فإننا نقول ما يمكن أن يتفق بشأنه أي عالم معني اليوم بشؤون الكواكب. الفارق هو أن أوسياندر لم يكن ليتوقع أن قراءه (أو على الأصح قراء كوبرنيكس) سيقبلون النقطة التي تعادل ذلك من حيث الصواب، والتي تفيد أن قولنا إن الأرض مركز الكون إنما هو مجرد نموذج نفيد به في حساب الحركة الظاهرية للقمر.

ويستحيل علينا القول ما إذا كان التصدير الذي كتبه أوسياندر هدأ من غضب الفاتيكان أم لا، ولكن الشواهد تفيد بأنه لم يكن هناك غضب لتهدئته. إذ تم قبول نشر كتاب De Revolutionibus من دون حدوث أي لغط أو تذمر من جانب الكنيسة الكاثوليكية، وتغاضت روما كثيرا عن الكتاب طوال حقبة القرن السادس عشر. وحقيقة الأمر أن الغالبية العظمى من الناس أغفلوه، في البداية، ويكفي أن نشير إلى أن الطبعة الأولى وتمثل 400 نسخة لم تبع جميعها. وطبيعي أن التصدير الذي كتبه أوسياندر لم يُهدئ من غضب أتباع لوثر، وأدانت الحركة البروتستانتية الأوروبية الكتاب على طول الخط. ولكن ثمة مكانا واحدا استقبل كتاب De Revolutionibus استقبالا حسنا، وصادفت أهدافه كلها تقديرا كبيرا على الأقل من جانب ذوي الخبرة - أعني إنجلترا، حيث تزوج هنري الثامن بزوجته الأخيرة كاترين بار في سنة إصدار الكتاب.

أفلاك الكواكب

الأمر المثير للاهتمام بخاصة فيما يتعلق بالنموذج الكامل لكوبرنيكس عن الكون هو أن وضع الأرض في مدار حول الشمس أدى تلقائيا إلى وضع الكواكب في تتابع منطقي مع بعضها. وثمة لغز منذ قديم الزمن وهو أن ليس بالإمكان رؤية عطارد والزهرة من الأرض إلا وقت الفجر والغسق، بينما بالإمكان رؤية بقية الكواكب المعروفة في أي وقت طوال الليل. وتفسير بطليموس لذلك (أو لنقل التفسير المعتمد الذي أوجزه في كتاب المجسطي) هو أن عطارد والزهرة «يحافظان على صحبة» الشمس على مدى رحلة الشمس حول الأرض مرة واحدة في السنة. ولكن المنظومة التي وضعها كوبرنيكس تفيد بأن الأرض تدور حول الشمس مرة في السنة، ومن ثم فإن التفسير لنوعي حركة الكواكب هو ببساطة أن مداري عطارد والزهرة موجودان داخل مدار الأرض (إذ إنهما أقرب إلى الشمس منا) بينما مدارات المشتري والمريخ وزحل موجودة خارج مدار الأرض (أي أبعد منا عن الشمس). واستطاع كوبرنيكس بفضل قبول القول بحركة الأرض أن يحسب طول الفترة الزمنية التي يستغرقها كل كوكب ليكمل مداره حول الشمس. وشكلت هذه الفترات الزمنية تتابعا متواليا ابتداء من عطارد، حيث سنته هي الأقصر وعبر الزهرة والأرض والمشتري والمريخ، وصولا إلى زحل حيث السنة الأطول.

ولكن لم يكن هذا كل شيء. إذ يشير نموذج كوبرنيكس إلى أن نمط سلوك الكواكب الذي نرصده مقترن أيضا بأبعادها عن الشمس بالنسبة إلى بعد الأرض عن الشمس. ولكن حتى دون أن نعرف أيا من الأبعاد وفق تقديرات ثابتة، يمكن تحديد مواضع الكواكب وفق ترتيب معين على أساس زيادة البعد عن الشمس. ووضح أن الترتيب هو نفسه - عطارد، الزهرة، الأرض، المريخ، المشتري، وزحل. ويكشف هذا عن حقيقة واضحة تماما لطبيعة الكون. وهكذا فإن كل ذي عينين يدرك أن علم الفلك وفق نظرية كوبرنيكس ينطوي على ما هو أكثر كثيرا من مجرد الزعم في بساطة أن الأرض تدور في فلك حول الشمس.

ليونارد ديغز والتلسكوب

كان عالم الفلك الإنجليزي توماس ديغز واحدا من بين قلة قليلة ممن أبصرت عيونهم بوضوح دلالات وأهمية نموذج كوبرنيكس فور صدور كتاب De Revolutionibus. لم يكن ديغز عالما فقط، بل واحدا من العاملين بنشاط

علـى الترويـج للعلم - لـم يكن هـو الأول، إذ إنه اقتدى إلى حـد ما بوالده ليونـارد. ولد ليونارد ديغز حوالي العـام 1520، ولكننا لا نعرف غير القليل جـدا عن حياته الباكرة. وتلقى تعليمه في جامعة أكسـفورد واشـتهر كعالم رياضيات وأخصائي مسـاحة الأراضي. وهو أيضا مؤلف للعديد من الكتب، التـي ألفها بالإنجليزيـة - وهذا أمر غير مألوف آنذاك. وصدر أول كتبه في العام 1559 تحت عنوان «رؤية مسـتقبلية عامة»، وذلك بعد عشر سنوات من صـدور De Revolutionibus - وأصبح من أكثر الكتب مبيعا. ويرجع الفضل في ذلك جزئيا إلى لغته الدارجة اليسيرة على الفهم، على الرغم من أن بعض المعلومات الواردة فيه باتت قديمة. وزود ليونارد ديغز كتابه بمجموعات تقويم دائمـة تتضمن معلومـات عن الطقس وثروة من المعلومـات الفلكية من بينها عرض لنموذج بطليموس عن الكون - ويمكن القول بشكل ما إن الكتاب لم يكن غريبا عن جداول التقويم السنوي المعهودة لدى المزارعين في القرون التالية.

وإذا انتقلنا إلى أعمال مسح الأراضي التي كان يقوم بها ليونارد ديغز نجد أنه اخترع آلة المزواة (*) في نحو العام 1551 وأبدى في الوقت ذاته اهتماما بعمـل تقدير دقيق للمسـافات البعيـدة. وقاده هذا إلى اختراع التلسـكوب العاكـس Reflecting Telescope (وكـذا، على الأرجح التلسـكوب الكاسـر Refracting Telescope)، وإن لم تحظ هذه الاختراعات بأي دعاية وقتذاك. ونجد أن أحد أسـباب عدم تطوير هذه الأفكار هو أن ديغز توقف عن العمل فجأة في العام 1554 عندما شـارك في تمرد فاشل قاده البروتستانتي سير توماس ويات ضد ملكـة إنجلترا الجديدة الملكة مـاري (الكاثوليكية)، والتي اعتلـت العرش العام 1553 عقب وفاة أبيها هنري الثامن. وصدر في البداية حكـم بالإعدام ضد ديغز لضلوعه في التمرد، ولكن تم تخفيف الحكم ضده، وصودرت جميع ضياعه وأنفق كل ما تبقى من سـنوات عمره (إذ توفي العام 1559) يناضل لاستعادة أملاكه ولكن دون نجاح.

وعندما مات ليونارد ديغز كان ابنه توماس في الثالثة عشـرة من عمره تقريبا (إذ لا نعرف بالدقة تاريخ ميلاده)، وتولى رعايته وصي عليه يدعى جـون دي، ويعتبـر دي نموذجا حقيقيـا للفلاسـفة الطبيعيين في عصر

(*) المزواة Theodolite أداة يسـتخدمها المساحون ورجال الأرصاد الجوية، وتتكون من تلسكوب صغير يدور على سطوح عمودية وأفقية. [المترجم].

النهضة، ورياضيا جيدا ودارسا للخيمياء وفيلسوفا (ليس عاديا تماما) وعرافا للملكة إليزابيث الأولى (التي تولت العرش في العام 1558). وربما كان، مثل كريستوفر مارلو(*)، عميلا سريا لحساب التاج. واشتهر عنه أنه كان في باكر حياته متحمسا لنموذج كوبرنيكس وإن لم ينشر أي شيء في الموضوع بقلمه. ونظرا إلى أن توماس ديغز شب وترعرع في بيت دي، فقد تيسرت له مكتبة تضم أكثر من ألف مخطوطة التهمها في نهم قبل أن يصدر أول كتاب رياضي من تأليفه العام 1571. وهذا هو العام نفسه الذي سعى فيه إلى إصدار كتاب أبيه بعد وفاته وعنوانه Pantometria. وهيأ هذا الكتاب أول فرصة لعمل حوار عام لاختراع ليونارد ديغز التلسكوب. ويعرض توماس ديغز في تصديره للكتاب كيف:

> استطاع أبي، بفضل ممارساته الشاقة المضنية والمتصلة، وبفضل البراهين الرياضية، أن يكتشف في فترات متباينة، عن طريق عدسات ذات نسب مختلفة توضع في زوايا مناسبة، ليس فقط أجساما بعيدة، وأن يقرأ أحرفا، والعديد من العملات التي طبع فوقها بعض أصدقائه كتابات، وقراءاتها في مساحات واسعة، بل أن يرى بها على بعد أميال كبيرة ويحكى ما يحدث بعيدا فور وقوع الحدث في أماكن خاصة.

ودرس توماس أيضا الأجرام السماوية بنفسه، وأجرى عمليات رصد إذ رصد النجم المتجدد الأعظم Supernova عام 1579. واستخدم تيشو براهي(**) بعض هذه الأرصاد في تحليلاته للحدث.

توماس ديغز والكون اللانهائي

ومع هذا فإن أهم إصدارات توماس ديغز صدر العام 1576. وهذه هي طبعة جديدة ومنقحة على نحو كبير لأول كتب أبيه، الذي يحمل الآن العنوان التالي «رؤية مستقبلية دائمة»، واشتملت على مناقشة تفصيلية

(*) كريستوفر مارلو (1564 - 1593)، هو شاعر، ومترجم، وكاتب مسرحي إنجليزي من العصر الإليزابيثي، تأثر وأثر في وليم شكسبير. [المحررة].

(**) تيشو براهي (1546 - 1601)، هو فلكي وكيميائي دنماركي كرس حياته لتجميع أكبر قدر ممكن من الأرصاد الفلكية بغية تصحيح الجداول الفلكية المتوافرة في زمانه. [المحررة].

مسهبة لنموذج كوبرنيكس عن الكون - وهذا هو أول وصف بهذه الصورة بالإنجليزيـــة. ولكن ديغز معني إلى أبعد ممـــا ذهب إليه كوبرنيكس. إذ أثبـــت في الكتـــاب أن الكون لا نهائي، وضمنه رســـما تخطيطيا يوضح الشمس في المركز والكواكب في مداراتها حول الشمس، علاوة على كم هائـــل من النجوم ممتدة إلى ما لا نهاية فـــي جميع الاتجاهات. وتمثل هـــذه قفزة إلى المجهـــول. ولم يبين ديغز أي ســـبب لرؤيته، هذه، ولكن الاحتمـــال الأكبر أنه رصـــد درب التبانة عن طريق تلســـكوب، وأقنعته الأعداد المهولة من النجوم التي شاهدها بأن النجوم هي شموس أخرى منتشرة بوفرة كبيرة في أنحاء الكون اللانهائي.

ولكـــن ديغـــز لم ينذر حياتـــه للعلم مثلـــه مثل كوبرنيكـــس، ولم يعمل علـــى متابعة هذه الأفـــكار. إذ نعرف أن توماس ديغـــز أصبح عضوا في البرلمـــان (خدم في فترتين منفصلتين) ومستشـــارا للحكومة، وذلك نظرا لخلفيتـــه باعتباره ابنا لبروتســـتانتي مبرز عانى على يـــدي الملكة ماري، فضلا عـــن روابطه ببيت جون دي (تحت رعاية الملكـــة إليزابيث)، وعمل أيضا قائـــدا للتجنيد في القوات العســـكرية الإنجليزية في هولندا فيما بين عامي 1586 و1593، حيث كانت القوات هناك لمســـاعدة الهولنديين البروتستانت لتحرير أنفسهم من سلطان إسبانيا الكاثوليكية. وتوفي العام 1595. وخـــلال هذا الوقـــت كان غاليليو غاليلي أصبح أســـتاذا معتمدا للرياضيـــات في بادوا وكانت الكنيســـة الكاثوليكية قد تحول موقفها ضد نموذج كوبرنيكس عن الكون بســـبب تبني الزنديـــق جيوردانو برونو لهذا النمـــوذج، الذي كان متورطا في محاكمة طويلة ســـوف تنتهي بحرقه فوق خازوق في العام 1600.

برونو: هل هو شهيد العلم؟

جدير بنا أن نذكر شيئا عن برونو هنا قبل أن نعود ونلتقط بداية الخيط عن أعمال كل من تيشـــو ويوهانـــس كيبلر وغاليليو التي هي امتداد لأعمـــال كوبرنيكس. وذلك لأنه كثيرا ما ذهب البعض إلى أن برونو تم حرقه بســـبب دعمه لنمـــوذج كوبرنيكس. وحقيقة الأمر أنه

كان بالفعل زنديقا «مهرطقا» وتم حرقه بسبب معتقداته الدينية. ولا يزيد الأمر عن كونه مجرد سوء حظ أن تم إقحام كوبرنيكس في القضية كلها.

إن السبب الرئيسي الذي من أجله دخل برونو، المولود في العام 1548، في صراع ضد الكنيسة هو أنه كان من أتباع حركة تعرف باسم الهرمسية. وتتبنى هذه العقيدة على وثائق يرونها معادلة للكتاب المقدس، وقيل خلال القرنين الخامس عشر والسادس عشر إنها نشأت أصلا في مصر أيام زمن موسى، وارتبطت بتعاليم الإله المصري تحوت (إله الحكمة والتعلم). ويمثل هرمس المعادل الإغريقي للرب تحوت (ومن ثم جاء اسم الهرمسية)، ويسميه أتباع العقيدة هرمس مثلث العظمات، أو المعظم ثلاثا. ونعرف بطبيعة الحال أن الشمس كانت تمثل إلها عند المصريين. لهذا أثيرت أقوال تذهب إلى أن كوبرنيكس نفسه ربما تأثر بالهرمسية عندما وضع الشمس مركزا للكون، هذا على الرغم من عدم وجود بينة قوية على ذلك.

وليس هنا المكان المناسب لعرض تفاصيل عن الهرمسية (خصوصا أن الوثائق التي تتبنى عليها أكدت فيما بعد أنها لم تنشأ في مصر القديمة). ولكن أصحاب الاعتقاد في القرن الخامس عشر فسروا الوثائق، علاوة على غيرها زاعمين أنها تتنبأ بميلاد المسيح. وفي ستينيات القرن الخامس عشر تم إرسال نسخ من النصوص التي تتبنى عليها الهرمسية من مقدونيا إلى إيطاليا، وأثارت اهتماما كبيرا طوال قرن كامل، إلى أن تقرر رسميا (في العام 1614) أنها مكتوبة بعد الحقبة المسيحية بزمن طويل، ومن ثم فإن نبوءاتها إنما تحررت تأسيسا على نظرة إلى أحداث الماضي.

وكم كانت الكنيسة الكاثوليكية في أواخر القرن السادس عشر بوسعها أن تتسامح مع المتون القديمة التي تنبأت بميلاد يسوع، خصوصا أن بعض الكاثوليكيين من ذوي القدر الرفيع من أمثال فيليب الثاني في إسبانيا (الذي تولى سدة الحكم من 1556 وحتى 1598 وتزوج بملكة إنجلترا ماري، وكان خصما عنيدا للبروتستانتية) كانوا مؤيدين لهذه المعتقدات (على نحو ما كان الحال مع جون دي الوصي على توماس ديغز). غير أن برونو تبنى النظرة المتطرفة القائلة إن الديانة المصرية القديمة هي العقيدة الصحيحة، وأن على الكنيسة الكاثوليكية أن تستكشف لنفسها سبيلها للعودة إلى هذا المعتقد

القديم. وغني عن البيان أن هذا لم يمر مر الكرام في روما، وبعد فترة قضاها بين النجاح والفشل في عمله وهو يطوف في مختلف أنحاء أوروبا (بما في ذلك فترة قضاها في إنجلترا من 1583 وحتى 1585)، وإثارة بعض المشكلات إذ انضم إلى طائفة الدومينيكان العام 1565 ولكنهم طردوه العام 1576، فضلا عن أنه وهو في إنجلترا اكتسب أعداء كثيرين مما اضطره إلى اللجوء إلى السفارة الفرنسية)، وارتكب خطأ إذ زار فينسيا (البندقية) في العام 1591، حيث ألقي القبض عليه وسلم إلى محاكم التفتيش. وبعد فترة طويلة من السجن والمحاكمة، انتهى الأمر فيما يبدو بإدانة برونو باعتناقه العقيدة الآريوسية (الاعتقاد بأن المسيح هو أحد مخلوقات الله وليس تجسيدا للإله) وأنه يمارس أعمال سحر سرية. وليس بوسعنا أن نكون على يقين مطلق في هذا الصدد بذلك لضياع سجلات المحاكمة؛ ولكن الأصوب ليس القول بأنه شهيد العلم، كما يصوره البعض بين الحين والآخر، بل إنه كان بالفعل شهيد السحر.

الكنيسة الكاثوليكية تحظر نموذج كوبرنيكس

على الرغم من أن مصير برونو ربما يبدو وفق المعايير الحديثة مصيرا قاسيا، شأن كثيرين من الشهداء، فإن بالإمكان القول إن برونو، وإلى حد ما، هو الذي جلب على نفسه هذا. إذ أتيحت له فرص عديدة غير مألوفة كي يتراجع ويستنكر معتقداته (ولعل هذا أحد الأسباب في أنه قضى زمنا طويلا قبل إصدار حكم بالإدانة). وليس ثمة دليل على أن دعمه لمذهب كوبرنيكس يمثل عنصرا بارزا في محاكمته، ولكن من الواضح أن برونو كان مؤيدا بقوة لفكرة أن الشمس هي مركز الكون (نظرا لتطابقها مع النظرة المصرية عن العالم)، هذا فضلا عن أنه تبنى بحماس فكرة توماس ديغز القائلة إن الكون يعج بتجمعات لا نهائية من النجوم، وأن كل نجم منها مثل الشمس، وأكد وجود حياة بالضرورة في مكان ما آخر في الكون. ونظرا لأن أفكار برونو أثارت صدى واسعا آنذاك، ونظرا كذلك إلى إدانة الكنيسة لآرائه، فقد تم وصم جميع هذه الأفكار بتهمة واحدة. وتحركت المسائل ببطء كالعادة، إلى أن انتهى الأمر في العام 1616 بأن أدرجت الكنيسة كتاب De Revolutionibus ضمن قائمة الكتب المحظورة (ولم تخرجه من القائمة ثانية إلا في سنة 1835). ولكن ظلت الكوبرنيكية

بعد العام 1600 موضع سخط واضح من قبل الكنيسة، خاصة أن برونو كان مؤمنا بنموذج كوبرنيكس وتم إحراقه لاتهامه بالزندقة، وأدى هذا إلى تثبيط همة أي إنسان آخر، مثل غاليليو، الذي عاش في إيطاليا في مطلع القرن السادس عشر وأبدى اهتماما واضحا بفهم الكيفية التي يسير بها العالم. ولولا برونو لما صادفت الكوبرنيكية مثل هذا العداء من جانب السلطات المرجعية، ولربما لم يلق غاليليو ما حدث له من عنت واضطهاد، ولربما أيضا أخذ التقدم العلمي مسارا على نحو أكثر سهولة وسلاسة.

ولكن أرى لزاما أن ينتظر غاليليو حينا إلى أن نفرغ من الحديث عن التطور العظيم الذي شهده العلم في عصر النهضة، وأعني به دراسة جسم الإنسان.

فيساليوس: الجراح وعالم التشريح ولص المقابر

تماما مثلما أن كوبرنيكس بنى أعماله على جهود الأوروبيين الغربيين في إعادة اكتشاف أعمال بطليموس، كذلك فإن أندريا فيساليوس البوركسلي بنى أعماله على إعادة اكتشاف أعمال غالين (كلوديوس غالينوس). وطبيعي أن أيا من هذه الأعمال العظيمة الموروثة عن العصور القديمة لم يلحقها الضياع في الحقيقة، إذ كانت معروفة لدى الحضارتين البيزنطية والعربية حتى أثناء عصور الظلام في أوروبا الغربية. ولكن إثارة الاهتمام جديدا بكل هذه الكتابات (التي ميزتها الحركة الإنسانية في إيطاليا ارتبطت بسقوط القسطنطينية وذيوع الوثائق الأصلية وترجماتها واتجاهها غربا في إيطاليا وما بعدها مقترنا بالنهضة) هو ما ساعد على حفز بدايات الثورة العلمية، ولم يبد الأمر في صورة ثورة بالنسبة إلى من شاركوا في المراحل الأولى لهذه الحركة - إذ إن كوبرنيكس نفسه، وكذا فيساليوس، اعتقدا أنهما يمسكان بخيوط تصلهما بالمعارف القديمة للبناء عليها، بدلا من إسقاط تعاليم القدماء والبدء من جديد. وهكذا كانت العملية برمتها أقرب كثيرا من كونها تطورية لا ثورية، خصوصا في القرن السادس عشر. ولكن الثورة الحقيقية، كما أسلفت، تكمن في تغيير الذهنية التي جعلت الباحثين في عصر النهضة ينظرون إلى أنفسهم باعتبارهم أكفاء أندادا للقدماء، وأهلا للتحرك قدما إلى الأمام متجاوزين تعاليم أمثال بطليموس وغالينوس - أعني أدركوا أن أمثال بطليموس وغالينوس هم بشر مثلهم. وسوف نرى أنه فقط تأسيسا

على أعمال غاليليو وبخاصة أعمال نيوتن أمكن لعملية بحث العالم كلها وفي شمولها أن تتغير تغيرا ثوريا حقيقة بعيدا عن أساليب الفلاسفة القدامى لتبني أساليب العلم الحديث.

كان غالينوس طبيبا إغريقيا ولد العام 130م في بلدة برغاموم (برغاما الآن)، في آسيا الوسطى في الجزء المسمى الآن تركيا. وعاش حتى نهاية القرن الثاني الميلادي، أو ربما حتى البدايات الأولى للقرن الثالث. والمعروف أنه ابن لمهندس معماري ومزارع ثرى يعيش في مدينة من أغنى المدن في المنطقة التي تتحدث اليونانية داخل الإمبراطورية الرومانية. لذلك توافرت لغالينوس كل ميزات الحياة، وتلقى أرقى تعليم، واتجه نحو الطب بعد أن رأى أبوه حلما بينما الصبي لا يزال في السادسة عشرة من العمر، وتنبأ له الحلم بنجاح ابنه في هذا الميدان. ودرس الطب في عديد من المراكز التعليمية ومن بينها كورنثه والإسكندرية، وشغل منصب كبير الأطباء المعالجين للمقاتلين من الأسرى والعبيد الذين يقاتلون لحساب الإمبراطورية، وذلك في بلده برغاموم، واستمر في عمله هذا خمس سنوات ابتداء من العام 157م، ثم انتقل إلى روما، وجمع هناك بين العمل طبيبا خاصا وصديقا للإمبراطور ماركوس أوريليوس وعمل أيضا في خدمة كومودوس ابن ماركوس أوريليوس الذي اعتلى عرش الإمبراطورية بعد وفاة أبيه في العام 180م. وشهدت روما خلال هذه الفترة اضطرابات وقلاقل مع حروب تشتد وتخفت على حدود الإمبراطورية (إذ إن جدار هادريان تم بناؤه قبل ميلاد غالينوس ببضع سنين)، ولكن كان لايزال الوقت مبكرا قبل بداية دخول الإمبراطورية مرحلة الانحسار (ونعرف أن الإمبراطورية لم تنقسم إلى شرقية وغربية إلا العام 286م، كما أن القسطنطينية لم تتأسس إلا العام 330م). وطبيعي أن غالينوس كان في مأمن وأمان وهو في قلب الإمبراطورية مهما كانت الاضطرابات على الحدود، وتوفر على الكتابة فكان غزير الإنتاج وكتب، مثل بطليموس، موجزا لتعاليم القدامى الذين استحوذوا على إعجابه خصوصا أبقراط. (ونذكر للحقيقة أن الفكرة الحديثة القائلة إن أبقراط هو أب الطب إنما هي وليدة كتابات غالينوس دون غيره تقريبا). وكان موضع استهجان ومنتحلا لأعمال ينسبها إلى نفسه - واعتاد الإساءة والسخرية من زملائه الأطباء في روما،

ومــن المأثور عنه وصفهم بأنهم «أفراد أنوفهم مزكومة بالمخاط الذي يسـيل منها»(*). ولكن حري ألا تخفي شخصيته الكريهة إنجازاته الحقيقية، وتكمن شـهرة غالينوس بأنه الأعظم في مهارته في التشـريح وفي كتبه التي ألفها عن بنية الجسـم البشري. ونعرف أن تشريح الجسـم البشري كان مرفوضا فـي تلك الأيام (وهو مـا يبدو غريبا إذا عرفنا الموقف من العبيد والأسـرى المسـتخدمين في القتـال)، وأجرى غالينوس أغلب أعماله التشـريحية على الكلاب والخنازير والقردة (وإن أفادت شـواهد على أنه قام بالفعل بتشـريح عدد قليل من الأجسـاد البشـرية). معنى هذا أن النتائـج التي توصل إليها عن جسـم الإنسان إنما أثمرت تأسيسا على دراساته عن الحيوانات الأخرى وتعتورها أخطاء كثيرة. ونظرا لأن التاريخ لا يحدثنا عن أي باحث آخر أجرى بحوثا جادة في مجال التشريح على مدى القرون الاثنى عشر أو الثلاثة عشر التاليـة، لذلك ظلت أعمـال غالينوس بمنزلة الكلمة الأخيـرة والفاصلة في التشريح البشري إلى أن حل القرن السادس عشر.

ولقد كان إحياء غالينوس هو بعض همّ الحركة الإنسانية ضمن هوسها بكل ما هو إغريقي. والمعروف أنه حسـب العقيدة الدينية، سواء في نظر الحركة البروتسـتانتية في القرن السادس عشـر أو بعض الكاثوليك، ساد الاعتقاد بأن تعاليم الرب أفسـدتها قرون التأويـل والتعديل لمتون الكتاب المقدس منذ عهد يسـوع. وظهرت حركة أصولية تدعو إلى العودة إلى الكتاب المقدس ذاته باعتباره المرجع الأخير. وتضمنت هذه الحركة جانبا يدعو إلى دراسـة أقدم نسخ الكتاب المقدس المكتوبة باليونانية بدلا من ترجماتها إلى اللاتينية. وساد إدراك بأنه لم يحدث شـيء ذو بال منذ العصور القديمة، وهو رأي لا ينطوي على مبالغـة كبيرة. ولكن مع هذا نجد يقينا بعض الصدق في الفقرة القائلة إن النص الطبي أفسـدته الترجمات العديدة التي تكررت (وبعضها ترجمات عن العربية التي هي مترجمة عن اليونانية) ثم تولى نسـخها نسـاخ عديدون بما يعني أنها أقل دقة مما نريد، ولهذا نرى أن نشـر أعمال غالينوس بنصها الإغريقـي الأصلي في العام 1525 يمثل معلما وحدثـا تاريخيا. ويا لها من سخرية أن تعرف أن ما كان يدرسه المشتغلون بالطب هو الترجمات اللاتينية الجديـدة من طبعـة 1525، نظرا لأن أحدا منهم لم يكن باسـتطاعته قراءة اليونانية. ولكن أمكن بفضل هذه الترجمات وبفضل الطباعة أن نشرت أعمال

(*) مقتبسة من .Vivian Nutton, in Courad et al.

غالينوس على نطاق أوسع مما كان في السابق على مدى عشر سنوات أو يزيد. وهنا نذكر أنه في هذا الوقت تماما كان الفتى أندريا فيساليوس على وشك الفراغ من تعلم الطب والشروع في تأسيس اسم لنفسه.

ولد فيساليوس في بروكسل في 31 ديسمبر العام 1514، وهو من أبناء أسرة لها تاريخ في العمل بالطب - إذ كان أبوه الصيدلاني الملكي لدى تشارلز الخامس، الملقب بالإمبراطور الروماني المقدس (وهو فعليا أمير ألماني). واتجه فيساليوس أولا، واحتذاء بتقاليد أسرته، إلى جامعة لوفان، ثم التحق العام 1533 لدراسة الطب في باريس. وكانت باريس آنذاك مركز إحياء مدرسة غالينوس، ومن ثم درس فيساليوس أعمال الأستاذ مثلما تعلم أثناء دراسته هناك مهارات الأستاذ في التشريح. ولكنه أنهى فجأة إقامته في باريس العام 1536 بسبب الحرب بين فرنسا والإمبراطورية الرومانية المقدسة (وهي الحرب التي كان المؤرخون مغرمين بالإشارة إلى أنها ليست مقدسة ولا هي رومانية ولا إمبراطورية، ولكن هكذا سار اسمها في التاريخ). وعاد إلى لوفان حيث تخرج طبيبا العام 1537، وتأكد حماسه للتشريح واهتمامه بجسم الإنسان في مناسبة موثقة توثيقا جيدا في خريف العام 1536 عندما سرق جثة (أو ما تبقى منها) من مشنقة خارج لوفان وأخذها إلى بيته لدراستها.

وتعتبر كلية الطب في لوفان، وفق معايير العصر، كلية محافظة ومتخلفة (خصوصا عند مقارنتها بباريس). ولكن مع استمرار الحرب لم يستطع فيساليوس العودة إلى فرنسا. ولهذا سرعان ما اتجه فيساليوس فور تخرجه إلى إيطاليا، حيث التحق طالبا بجامعة بادوا في نهاية العام 1537. ويبدو أن هذا كان مجرد إجراء شكلي، حيث إنه بمجرد أن أنهى فيساليوس امتحان الالتحاق الأول بجدارة وتميز، حصل على الفور على درجة دكتور في الطب وتم تعيينه في كلية طب بادوا. واشتهر فيساليوس بأنه معلم ناجح ومحبوب في إطار «التقليد» الغالينوسي الجديد. بيد أنه، وعلى عكس غالينوس، كان أيضا عالم تشريح متمكن من تشريح البشر. ونجد في تناقض مثير مع أنشطته كسارق للقبور في لوفان، أن بحوثه صادفت دعما ومساعدة من سلطات بادوا، خصوصا القاضي ماركانتونيو كونتاريني، الذي لم يكتف فقط بتزويده بجثث المجرمين المحكوم عليهم بالإعدام بل كان أحيانا يرجئ وقت تنفيذ الإعدام،

وفق جدول فيســاليوس وإلى حين حاجته إلى جثــث جديدة. وهذا هو العمل الذي أقنع فيساليوس بأن خبرة غالينوس عن تشريح البشر كانت خبرة متدنية بل وربما معدومة. وشجعه هذا على إعداد كتابه عن التشريح البشري.



5 - أندريا فيساليوس من كتابه «حول نسيج الجسم البشري» 1543
.Vesalius's De Humani Corporis Fabrica, 1543

وإذا لم يكن نهج فيســاليوس في هذا المجال هــو برمته نهجا ثوريا، فإنه على الأقل يمثل خطوة عميقة إلى الأمام متجاوزة كل ما ســبق. والمعروف أن عمليات التشــريح في العصور الوســطى، إذا ما حــدث وأجريت فعليا، إنما كانــت تتم على يدي الجراح لأغراض توضيحية. وكانت النظرة الســائدة إلى الجراحين وقتذاك أنهم ممارســون للطب، ولكنهم أدنى مستوى من سواهم. ولهذا اعتاد الأســتاذ المحاضر في هذا المجــال أن يلقي محاضرته وهو على بعــد آمن، أي حرفيا بعيــدا حتى لا تتلوث يداه. ولكن فيســاليوس كان يقوم بعمليات التشريح التوضيحية بنفسه، مع الشرح لتلاميذه وبيان أهمية ما يتم الكشــف عنه. وهكذا ارتفع بمستوى ومكانة الجراحة في بادوا أول الأمر، ثم تدريجيا في أماكن أخرى مع ذيوع وانتشــار الممارســة. واستعان أيضا بعديد

من كبار الفنانين لإعداد رسوم تخطيطية كبيرة استخدمها في دروسه. ونشر ستة من هذه الرســـوم العام 1538 تحت عنوان: Tabulae Anatomica Sex (أي ست رســـوم تشريحية) وذلك بعد ســـرقة أحد هذه الرسوم التوضيحية وانتحله الســـارق لنفســـه. والمعروف أن ثلاثة رســـوم من بين الرســـوم الست رســـمها فيســـاليوس بنفسه، ورسم جون ســـتيفن الكالا كارى الرسوم الثلاثة الأخرى، وهو تلميذ رفيع المســـتوى من تيتيان، ويعطينا هذا فكرة تقريبية عن نوعيـــة الطلاب. وثمة احتمال أيضا، دون أن نكون على يقين، من أن ســـتيفن هو الرســـام الرئيســـي الذي رســـم لوحات المؤلف الرائع المعنون «حول نسيج الجسم البشري» De Humani Corporis Fabrica (المعروف باسم «النسيج» Fabrica) والصادر العام 1543.



6 - صفحة من كتاب فيساليوس اللوحات الست، 1538
Tabulae Sex 1538

وترجع أهمية كتاب Fabrica إلى أنه، علاوة على دقة وصفه للجسم البشـــري، أكد الحاجة إلى أن يؤدي الأســـتاذ المعلم بنفسه العمل الذي يراه بغيضا إلى نفســـه أو قذرا، بدلا من أن يعهد بلب الموضوع إلى من هم دونه. وأكد الكتاب في الاتجاه نفســـه، على أهمية التســـليم بالبينة التي يشـــهدها المرء بعينه، دون التصديق في صمت على كلمات تلقاها وراثة عن أجيال مضت - حيث إن السلف ليسوا معصومين من الخطأ. واقتضى الأمر مرور زمن طويل حتى تصبح دراســـة التشـــريح البشري موضـــع احترام وتقدير كاملين - وإن اســـتمر باقيا شـــعور بالجزع إزاء العملية برمتها التي تســـتلزم تقطيع جســـد الإنسان. ولكن التسليم بأن الإنســـان بالمعنى الواســـع هو موضوع الدراســـة الصحيحة والســـليمة للإنســـان بدأ بفضل جهود فيســـاليوس وصدور كتابـــه فابريكا. إذ إن كتاب فابريكا هو كتاب مخصص للخبراء المعتمدين في الطب، وإن أراد فيســـاليوس أن يخاطب به جمهورا أوسع. وأصدر معه موجزا خصصه للدارســـين بعنوان «الموجز» Epitome، ونشره أيضا العام 1543. وبعد أن وضع فيساليوس بصمته هذه على الطب وأرسى القواعد الأساسية المميزة للمنهج العلمي عامة، هجر فجأة عمله الأكاديمي وهو لم يتجاوز الثلاثين من العمر.

وكان قـــد رحل عن بـــادوا لفترة زمنية طويلة خـــلال عامي 1542 و1543 (قضى أكثرها في بازل) حيث عكف على إعداد كتابيه للنشـــر، وعلـــى الرغم من أن الأمر بدا رســـميا في صورة إجازة معتمدة، إلا أنه لم يعد إلى منصبه. وليس واضحا تماما ما إذا كان قد ضاق بانتقادات أتباع غالينوس التقليديين لكتابه، أم أنه فضل ممارسة الطب على التفرغ لتعليمه (أو ربما العاملين معا)، ولكن فيساليوس مدعوما بنسخ من كتابيه تقرب إلى تشارلز الخامس الذي عينه طبيب القصر - وهذا منصب له مكانة كبيرة فيما عدا سلبية أساسية تتمثل في أنه غير مسموح للطبيب بالاستقالة طوال حياة الإمبراطور. ولكن الظروف لم تسمح لفيساليوس بأن يأسف لقراره، وذلك لأن تشارلز الخامس أذن له بأن يترك الخدمة في العام 1556 (قبيل تنازل تشارلز الخامس عن العرش) ومنحه معاشا

للتقاعد، وشغل فيساليوس على الفور منصبا مماثلا لدى فيليب الثاني ملك إسبانيا، وابن تشارلز الخامس (وهو فيليب نفسه الذي أرسل فيما بعد الأرمادا لاقتحام إنجلترا). وتبين فيما بعد أنها لم تكن فكرة جيدة، إذ لم يكن الأطباء الإسبانيون يتمتعون بكفاءة فيساليوس، ومن ثم نشأت عداوة تجاهه باعتباره أجنبيا وسرعان ما تفاقم شعور العداء ضده مع اطراد نمو حركة الاستقلال في هولندا الخاضعة آنذاك لحكم إسبانيا. وفي العام 1564 أذن فيليب لفيساليوس بالحج إلى القدس، ويبدو أن هذا كان مبررا لكي يتوقف في إيطاليا ويدخل في مفاوضات مع جامعة بادوا بهدف العودة إلى منصبه القديم هناك. ولكن حدث وهو في طريق العودة من الأراضي المقدسة أن واجهت السفينة التي على متنها فيساليوس عواصف وأعاصير عاتية وتأخرت بسبب نقص المؤن، بينما عانى الركاب حالات قاسية من دوران البحر. ومرض فيساليوس (وإن كنا لا نعرف نوع مرضه بدقة) ومات فوق جزيرة زانت اليونانية، حيث ارتطمت السفينة بصخور الجزيرة في أكتوبر 1564 وهو في الخمسين من العمر. ولكن على الرغم من أن إسهامات فيساليوس المباشرة في الإنجازات العلمية كانت ضئيلة بعد العام 1543، فإن تأثيره بدا عميقا في خلفائه في بادوا، وأدى هذا مباشرة إلى ظهور اكتشافات من أعظم اكتشاف القرن السابع عشر، والدالة على بصيرة نافذة، وأعني بذلك اكتشاف وليام هارفي للدورة الدموية.

ويمكن القول من زاوية أن قصة هارفي تخص الفصل التالي. بيد أن الخط الواصل من فيساليوس إلى هارفي واضح تماما بحيث يجعل من المهم جدا الاستطراد معه الآن وصولا إلى نتيجته المنطقية، وذلك قبل العودة إلى الحديث عن تطور علم الفلك في القرن السادس عشر. وحيث إن كتابي هذا ليس عن التكنولوجيا، لذلك فإنني لن أتعمد تناول الدلالات الطبية بمعناها الضيق لأبحاث الجسم البشري. ولكن الإسهام المميز الذي قدمه هارفي ليس ما اكتشفه (وإن كان مثيرا بما فيه الكفاية) بل الطريقة التي برهن بها على صدق وواقعية الاكتشاف.

فالوبيو وفابريكيوس

الخط الواصل مباشرة من فيساليوس إلى هارفي يضم شخصين آخرين فقط، الأول هو غابرييل فالوبيو (ويعرف أيضا باسم غابرييل فالوبيوس) وكان أحد تلامذة فيساليوس في بادوا وأصبح أستاذا للتشريح في بيزا العام 1548 ثم عاد إلى بادوا أستاذا للتشريح - حيث منصب فيساليوس القديم - العام 1551. وعلى الرغم من أنه مات العام 1562 وهو لا يزال في سن مبكرة وعمره 39 سنة، فإنه ترك بصمته على البيولوجيا البشرية في حالتين. أولا، أنجز بحوثه الخاصة على منظومات الجسم البشري على نحو كاد يكون مطابقا لروح فيساليوس في العمل، وقادته بحوثه إلى نتائج كثيرة من بينها اكتشاف «قناة فالوب Fallopian Tubes» والتي لا تزال تحمل اسمه. ووصف فالوبيو هذه الصلة التي تربط بين الرحم والمبيضين على أنها تتسع تدريجيا نحو الخارج لتصبح في طرفها النهائي أشبه بآلة الموسيقى النحاسية المسماة البوق - التوبا. ولكن هذا الوصف الدقيق تمت ترجمته ترجمة خاطئة إلى حد ما، غير أن الطب الحديث فيما يبدو تشبث بالصورة غير الدقيقة للمصطلح(*). ولكن لعل أعظم إسهامات فالوبيو في مجال التشريح هو دوره كمعلم لجيرولامو فابريزيو، والذي عرف فيما بعد باسم هيرونيموس فابريكيوس من أكوابندنت. وخلف فالوبيو إذ شغل كرسيه في بادوا إثر وفاة فالوبيو.

ولد فابريكيوس في 20 مايو 1537 في مدينة أكوابندنت، وتخرج في بادوا العام 1559. وعمل جراحا ودرس التشريح دراسة شخصية خاصة إلى أن شغل الكرسي في بادوا العام 1565 - إذ ظل المنصب شاغرا لمدة ثلاث سنوات بعد وفاة فالوبيو، ولهذا فإن فابريكيوس هو الخلف المباشر على الرغم من فترة الفراغ هذه. وجدير بالذكر أن فيساليوس أجرى مفاوضات خلال فترة الفراغ هذه لشغل المنصب،

(*) ونذكر بهذه المناسبة أنبوبة توصيل أخرى في الجسم والمسماة أنبوبة إستاكيو Estachian Tube التي تصل الأذن الوسطى بالحلق، إذ وصفها في هذه الفترة تقريبا بارتولومبو إستاخيو. وليس هذا نوعا من التوافق بل علامة على الأسلوب الجديد الذي اتبعه جيل جديد من علماء التشريح في عملهم.

ولـــولا رحلته المشـــؤومة إلـــى القدس لربما شـــغل هـــو الوظيفة قبل فابريكيوس. وخصص فابريكيوس قســـطا كبيرا من دراساته للاهتمام بعلم الأجنة وتطور الجنين، وهي الدراســـة التي تتبعها في البداية من خلال دراســـة بيض الدجاج. بيد أننا إذا استرجعنا الماضي فسنجد أن أهم إســـهاماته للعلم تتمثل في وصفه الدقيـــق والتفصيلي للصمامات فـــي الأوردة. كانت الصمامات معروفة قبلا، غير أن فابريكيوس بحثها بتفصيـــل كامل ووضع وصفـــا دقيقا لها. وقدم هـــذا الوصف أولا من خـــلال عروض عامة ســـنة 1579 ثم عرضها بعـــد ذلك مصورة بدقة في كتاب منشـــور العـــام 1603. ولكن هذه الخبرة في التشـــريح وفي وصف الصمامات لم تضاهها بصيرة نافذة لبيان الغرض منها - إذ ظن أنها موجودة لإبطاء تدفق الدم من الكبد بحيث تمتصه أنسجة الجسم بســـهولة. تقاعد فابريكيوس العام 1613 بسبب اعتلال صحته وتوفي ســـنة 1619. ولكن بحلول هذا التاريـــخ كان وليام هارفي، الذي درس على يدي فابريكيوس في بادوا منذ فترة في أواخر خمســـينيات القرن الســـادس عشر وحتى 1602، قد بدأ يشـــق طريقه ليفسر كيف تعمل منظومة الدورة الدموية.

وليام هارفي والدورة الدموية

قبل هارفي كانت الحكمة الموروثة (التي تعود بنا إلى غالينوس وإلى أزمنة قبله) تفيد بأن الكبد يصنع الدم الذي تحمله الأوردة إلى كل أنحاء الجســـم لمد الأنسجة بالغذاء، ويجرى استنفاده أثناء هذه العملية بحيث يلزم تجدد صناعة الدم بشـــكل دائم. وســـاد اعتقـــاد بأن دور منظومة الشـــرايين هو حمل «الروح الحيوية» من الرئتين ونشـــرها في كل أنحاء الجســـم (وهذه عمليا ليست بعيدة كل البعد عن الحقيقة، خصوصا إذا عرفنا أن الأكســـجين لم يكتشـــف إلا العام 1774). وفي العام 1553 أشـــار عالم اللاهوت والطبيب الإســـباني ميشيل ســـيرفيتوس (المولود 1511 وحمل اســـم المعموية ميغويل سيرفيتو) في كتابه Christianismi Restitutio إلـــى الـــدورة «الصغرى» الدموية (وهذا اســـمها بعد ذلك)

حيث ينتقل الدم من الجانب الأيمن للقلب إلى الجانب الأيسر منه عبر الرئتين، وليس عبر ثقوب دقيقة في الجدار الفاصل للقلب، كما كانت تقول تعاليم غالينوس. وتوصل سيرفيتوس إلى هذه النتيجة معتمدا أساسا على تعاليم لاهوتية، وليس عن طريق التشريح. وقدم هذه المعلومات كإضافة منفصلة في رسالة علمية في اللاهوت. ولكن لسوء حظ سيرفيتوس أن الآراء اللاهوتية التي عرضها هنا (وفي كتابات سابقة) كانت مناهضة للتثليث. لقد كان مثله مثل جيوردانو برونو لا يؤمن بأن المسيح هو الله متجسدا. وعانى من المصير نفسه الذي أصاب برونو بسبب معتقداته، ولكن على أيدي آخرين مختلفين. إذ كان كالفن في ذروة نشاطه الإصلاحي آنذاك، وكتب له سيرفيتوس (في جنيف) عن أفكاره. وعندما توقف كالفن عن الرد على رسائل سيرفيتوس المقيم في فيينا، دأب على مواصلة إرسال سيل متزايد من الرسائل التي تفيض غضبا وتعنيفا. وهذه غلطة كبرى. لذلك فعندما صدر الكتاب اتصل كالفن بالسلطات المرجعية في فيينا وصدر الأمر بسجن الزنديق. فر سيرفيتوس واتجه رأسا إلى إيطاليا، ولكنه وقع في غلطة أخرى هي أنه سار في طريق مباشر يمر عبر جنيف (لعل القارئ يظن أن كان الأولى به أن يكون أكثر وعيا وفهما). وأمكن التعرف عليه هناك، ومن ثم ألقي القبض عليه وأحرقه الكالفينيون فوق الخازوق في 27 أكتوبر 1553، وأحرقوا كتبه أيضا ولم يبق سوى ثلاث نسخ من كتاب Christianismi Restitutio. ولم يكن لسيرفيتوس أثر واضح في العلم في عصره، ولم يعرف هارفي شيئا عن أعماله، غير أن القصة التي تحكى كيف لقي مصيره النهائي تمثل رؤية نافذة لا سبيل إلى مقاومتها في عالم القرن السادس عشر.

كان الظن منذ أيام غالينوس أن الأوردة والشرايين تحمل مادتين مختلفتين – نوعين من الدم. ويفيد الفهم الحديث بأن القلب البشري (مثله مثل قلوب الثدييات الأخرى والطيور) هو في الحقيقة قلبان في واحد، حيث الدم يأخذ الأكسجين ويعود به إلى النصف الأيسر من القلب الذي يضخ بدوره الدم حامل الأكسجين إلى كل أنحاء الجسم.

وتفيد إحدى اكتشافات هارفي الرئيسية بأن الصمامات في الأوردة، والتي وصفها بدقة معلمه فابريكيوس، هي منظومات أحادية الاتجاه وتسمح بتدفق الدم في اتجاه القلب، فقط. وتفيد أيضا بأن هذا الدم لا بد أن ينشأ أصلا في مبتدئه كدم شرياني يجري ضخه بعيدا عبر القلب وينتقل عبر شعيرات دقيقة تربط بين المنظومة الشريانية والوريدية ليدخل إلى الأوردة. بيد أن هذا بقي مرهونا للمستقبل عندما استهل هارفي عمله الطبي.

ولد هارفي في فولكستون، من أعمال كنت، في الأول من أبريل العام 1578. وهو الابن الأكبر من بين سبعة أبناء لمزارع صغير. تعلم وليام في مدرسة كنغ سكول في كانتربري وفي كلية كايوس كوليج في كامبردج، حيث حصل على درجة البكالوريوس في العام 1597 ولعله بدأ هنا دراسته للطب. ولكنه سرعان ما رحل إلى بادوا حيث تعلم على يدي فابريكيوس وحصل على درجة الدكتوراه في الطب في العام 1602. وحيث إن هارفي كان طالبا في بادوا، فلا بد أنه عرف غاليليو الذي وصل إلى هناك في هذا الوقت. بيد أنهما في حدود معرفتنا لم يلتقيا. وعاد هارفي إلى إنجلترا العام 1602، حيث تزوج بإليزابيث براون ابنة لانسلوت براون، طبيب الملكة اليزابيث الأولى العام 1604. ونظرا لأنه يعيش ويتحرك في أوساط ملكية، فقد تهيأ لأرقى عمل طبي متميز. وتم تعيينه طبيبا بمستشفى سانت بارثلميو في لندن العام 1609، وكان قد سبق انتخابه زميلا لكلية الأطباء العام 1607، وأصبح في العام 1618 (بعد عامين من وفاة وليام شكسبير) أحد أطباء جيمس الأول (الذي خلف اليزابيث العام 1603). وحصل هارفي في العام 1630 على عمل أسمى مكانة كطبيب شخصي لابن الملك جيمس، وهو تشارلز الأول، الذي اعتلى العرش العام 1625 وكوفئ على خدماته في هذا المجال بتعيينه رئيسا لميرتون كوليج، في أكسفورد، العام 1645 (وهو في السابعة والستين من العمر). ولكن حين اندلعت الحرب الأهلية في لندن، أصبحت أكسفورد تحت نفوذ القوى البرلمانية في العام 1646، وتقاعد هارفي وترك منصبه هذا

(علـــى الرغم من أنـــه احتفظ تقنيا بمنصبه كطبيـــب ملكي إلى أن تم إعدام تشـــارلز في العام 1649)، وآثر لنفسه بعد تقاعده حياة هادئة إلى أن وافته المنية في الثالث من يونيو 1657. وعلى الرغم من انتخابه رئيســـا لكلية الأطباء فـــي العام 1654، فإنه اضطـــر إلى التخلي عن المنصب الشرفي لدواعي السن والصحة.

وهكـــذا فإن العمل العظيم الذي نذكر بـــه الآن هارفي هو عمليا ما أنجزه في أوقات فراغه. وهذا هو الســـبب في أنه استغرق وقتا طويلا معـــه حتى العام 1628 حين نشـــر نتائج أبحاثه فـــي كتابه الذي يمثل معلما فـــي تاريخ الطب وعنوانـــه De Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus (عن حركة القلب والدم في الحيوانات). والســـبب الثاني أنـــه حتى بعد مضي خمســـين عاما على صدور كتـــاب فابريكا إلا أنه كانت لا تزال هناك معارضة قوية تسود بعض الأوساط ضد أي محاولة لمراجعـــة تعاليـــم غالينوس. وعـــرف هارفي أنه لا بـــد أن يعرض حالة واضحة جدا وســـهلة لكي يؤكـــد حقيقة الدورة الدمويـــة. ومن ثم فإن طريقته في عرض الحالة هي التي صنعت منه شـــخصية رئيســـية في تاريـــخ العلم وحدد من خلالها للعلماء ســـبيلهم للتقـــدم باطراد في كل مجالات البحث العلمي، وليس في الطب وحده.

وأكثر من هذا أن الطريقة التي جعلت هارفي مهتما بالمشكلة توضح لنـــا كيف تغيرت الأمور منذ العصور التي كان فيها الفلاســـفة يختلقون فروضا مجردة عن ســـير أحداث العالم الطبيعي تأسيســـا على مبادئ الكمال دون الاعتماد على الملاحظة والتجربة. اســـتطاع هارفي بالفعل قياس طاقة القلب الذي وصفه بأنه أشـــبه بقفاز منتفخ، وحدد كميات الدم التي يتم ضخها في الشـــرايين كل دقيقة. نعم كانت تقديراته غير دقيقـــة تمامـــا ولكنها كافية جـــدا لتوضيح الفكرة. وأوضـــح أن القلب البشري يضخ في المتوســـط، وبالمقاييس الحديثة، 60 سنتيمترا مربعا من الدم مع كل نبضة، ويصل مجموع الدم المتدفق حوالي 260 لترا في الساعة – وهذه كمية من الدم، تزن ما يقرب من ثلاثة أضعاف الإنسان المتوســـط. وواضح أن الجسم ليس في مقدوره صناعة مثل هذه الكمية

مـن الدم ولا بـد أن الكمية هي في الحقيقة أقل كثيرا، والتي تستمر في الدوران عبر أوردة وشـرايين الجسـم. وهنا دعـم هارفي قضيته التـي نحن بصددها مسـتخدما مجموعة من التجـارب والملاحظات. وعلـى الرغم من أنه لم يسـتطع رؤية الروابـط والتوصيلات الدقيقة بين الأوردة والشـرايين، فإنه برهن علـى أنها حتما موجودة عن طريق ربـط رباط أو حبـل محكم (رباط الأوعيـة Ligature) حول الذراع. والمعروف أن الشـرايين تسـري على عمق أكثر من الأوردة بالنسبة إلى سطح الذراع. لذلك فإننا حين نفك تدريجيا وببطء رباط الأوعية، فإن هذا يسـمح للدم بالتدفق في عمق الذراع عبر الشـرايين بينما لا يزال الرباط محكما بحيث لا يسمح بتدفق الدم عائدا في أعلى السطح عبر الأوردة. وهنا تتضخم الأوردة، لهذا السـبب، تحت الرباط. وأوضح أن سرعة انتشار السـم داخل الجسـم تتطابق مع فكرة الدوران المستمر للـدم. ولفت الأنظار إلى حقيقة أن الشـرايين القريبة من القلب أغلظ سمكا من تلك البعيدة عن القلب، وذلك لتحتمل الضغط الكبير الحادث قريبا من القلب بسبب الدفع القوى للدم عن طريق الضخ.

ولكن حري ألا نتسـرع ونستنتج الفكرة القائلة إن هارفي اخترع المنهج العلمي. نعـم لقد كان في الحقيقة رجلا من عصر النهضة أكثر منه عالما حديثا، وكان لا يـزال يفكر في ضوء القوى الحيوية والمفاهيم المجردة عن الكمال والأرواح التي تبقي على الجسـد حيا. ويقول بنص كلماته هو (من الترجمة الإنجليزية لكتابه في العام 1653).

> إن ما يحدث في جميع الأحوال أنه يمر بالجسم، بحيث تغتذي جميع الأنحاء، وتتدفع فيها الحياة، وتظل حية بفضل الـدم الدافئ والكامـل والمملوء بالأبخـرة والمفعم بالحياة، ويمكـن أن أقول وممتلئ بعوامل التغذية: وتبرد حرارة الدم في الأجزاء ويتخثر ويتحول، بحيث يبدو وكأنه عقيم قاحل. وهنـا يعود ثانيـة إلى القلب وكأنه عائد إلـى النبع أو بيت السـكينة والأمان للجسم لكي يسـتعيد كماله، ويعود ثانية قويا مفعمـا بالحيوية بفضل الحرارة الطبيعية، حيث يغدو

> مشحونا بالحيوية والقوة، ويذوب ويوزع ثانية إلى جميع أنحاء الجسم لتفيض بالروح الحية والبلسم. ويتوقف كل شيء على النبض العاطفي للقلب، لهذا فإن القلب هو مبتدأ الحياة، إنه شمس الكون الصغير، ومثلما أن الشمس في تناسب مع حجمها تستحق أن نسميها قلب العالم، وبفضلها وعن طريق نبضها يتدفق الدم في كمال صورته وينتشر، من ثم تتم وقايته من التلوث ويتكثف، فإن هذا البيت الأليف صنعه الرب بفضله للجسم كله ليكون عن طريق الغذاء والانتشار نبع الحياة وصانع كل شيء.

وهذا بعيد كل البعد عن الفهم الخاطئ الشائع بأن هارفي هو أول من وصف القلب بأنه مجرد مضخة تحافظ على دوران الدم في الجسم (وحقيقة الأمر أن رينيه ديكارت هو الذي خطا هذه الخطوة وأشار إليها في كتابه «مقال في المنهج» المنشور العام 1637، حيث قال إن القلب ما هو إلا مضخة آلية). وليست هذه هي الحقيقة كاملة، إذ يقال ببساطة، على نحو ما تزعم كتب كثيرة، إن هارفي رأى أن القلب هو مصدر حرارة الدم. لقد كانت آراؤه أكثر غموضا من ذلك. بيد أن أعمال هارفي لا تزال تمثل خطوة عميقة ومهمة إلى الأمام، ونجد فيما تبقى لنا من كتاباته (إذ إن الكثير من أبحاثه المكتوبة فقدناها، وسبب ذلك للأسف اقتحام القوات البرلمانية لغرف مسكنه في لندن وتفتيشها في العام 1642) تأكيدات متكررة على أهمية المعارف المستمدة من الملاحظة الشخصية ومن التجربة. وأوضح بشكل خاص أن علينا ألا ننكر وجود الظواهر لمجرد أننا لا نعرف أسبابها. لذلك حري بنا أن نتلطف عند النظر إلى «تفسيراته» غير الصائبة للدورة الدموية، وأن نركز على إنجازه الحقيقي في استكشاف حقيقة أن الدم يمر في دورة. وعلى الرغم من أن فكرة هارفي صادفت قبولا عاما أول الأمر خلال بضع سنوات بعد وفاته، وذلك بفضل استحداث الميكروسكوب في خمسينيات القرن السابع عشر، غير أن الثغرة الوحيدة في حجته تم حسمها بفضل اكتشاف الوصلات الدقيقة بين الشرايين والأوردة - وهذا مثال رائع للرابطة بين التقدم في العلم والتقدم في التكنولوجيا.

ولكـــن إذا كان هارفي، في حدود الاهتمـــام بالتاريخ العلمي، واحدا مـــن الرعيل الأخير مـــن رجال النهضة، فإن هـــذا لا يعني أن بالإمكان أن نضع خطا دقيقـــا وواضحا على التقويم الزمني بحيث تمثل أعماله خطـــا فاصلا بـــين ما قبل وما بعـــد، ونقول إن العلـــم بمعناه الصحيح بـــدأ هنا، علـــى الرغم من التوافـــق الواضح بين توقيـــت وفاته وظهور وتطور الميكروســـكوب. ويوضح لنا مثـــال التوافق الزمني بين إصداراته وإصدارات ديكارت أن التاريخ لا يســـير في قطاعات محددة بدقة، وأن أفضل من يصدق عليه وصف العالم الأول كان يعمل قبل هارفي وأكمل دراساته في بادوا. لقد حان الوقت الآن وأصبح لزاما أن نعود إلى القرن الســـادس عشـــر لنلتقط خيوط تطورات علم الفلك والعلوم الميكانيكية التي انطلقت بداياتها من أعمال كوبرنيكس.

2

آخر الألغاز

«هدفي... أن أبين أن ماكينة الكون ليســت مثل كائن يحيا ويتحرك بقوة غيبية، بل إنها مثل الساعة»

يوهانس كيبلر

حركة الكواكب

غاليليــو غاليلي هو الشــخص الأحق بلقــب «العالم الأول»، ذلــك لأنه لم يطبق فقط في عملــه ما يمثــل جوهريا المنهج العلمــي الحديث، وإنما أيضــا فهم فهما كاملا ما كان يفعله، وأرسى قواعد القوانين الرئيسية في وضوح كامل لكي يقتدي بها الآخرون، علاوة على هذا فإن الجهود التي بذلها التزامــا بتلك القوانــين كانت ذات أهمية قصــوى، نعم كان هناك آخرون في أواخر القرن الســادس عشر ممن توافقوا مع هذه المعايير - بيد أن من نذروا حياتهم لما نســميه العلم كانوا فــي أغلب الأحيان مشدودين للبنية الذهنية للعصر الوسيط فيما يخص بكل نواحي، أو ببعض نواحي،

عملهم، هذا بينما من توافرت لهم رؤية أوضح للأهمية الفلسفية للأسلوب الجديـد في النظر إلى العالم كانوا عادة مجرد علماء غير متفرغين للعلم ولهم نفوذ ضعيف على النهج الذي يتبعه الآخرون في بحث ظواهر العالم. لقـد كان غاليليو أول من حزم كل شـيء وجمعه فـي حزمة واحدة، ولكن غاليليو، شـأنه شـأن جميع العلماء، بني على أساس ما أُنجز في السابق، ونجـد في هذه الحالة أن ثمة رابطة مباشـرة مع كوبرنيكس، وهو الرجل (معتمدا هو نفسه على جهود أسلافه من أمثال بيورباخ، ورجيومونتانوس) الذي اسـتهل عملية تحويل علم الفلـك في عصر النهضة إلى غاليليو عن طريق تيشـو براهي ويوهانس كيبلر (ثم من بعدهما فصاعدا كما سـوف نرى من كيبلر وغاليليو إلى إسحق نيوتن)، ويجسد تيشو، وهذا اسمه الذي اشـتهر به، مثالا دقيقـا ومميزا للكيفية التي يمكـن أن يمتزج بها الجهد العلمي المهم والعميق، وفق هذا العصر، مع تأويلات قديمة بالية وروحانية لدلالة وأهمية هذا العمل، ولنا أن نقول، إن شئنا دقة الكلمات والتعبير، إن براهي وكيبلر لم يكونا هما آخر الملتزمين بالتفسـيرات الغيبية الغامضة - بيـد أنهما كانا على وجه القطع واليقين، وفيما يتعلق بعلم الفلك على أقل تقدير، شـخصيتين، انتقاليتين بين النزعة الصوفيـة عند القدماء والعلم عند غاليليو وخلفائه.

تيشو براهي

تيشو براهي من مواليد كنودستروب، على الطرف الجنوبي من شبه جزيرة إسكندنافيا في 14 ديسمبر العام 1546، وهذه الآن تتبع السويد بينما كانت وقتذاك جزءا من الدنمارك، وتعمد الطفل باسم تايغ (وكان انتقاليا حتى في هذا أيضا، من حيث إنه في فترة تالية حوّل اسمه الأول إلى اسم لاتيني من دون اسم العائلة)، وهو سليل أسرة أرستقراطية - إذ إن أباه، أوتو، عمل في خدمة الملك مستشـارا خاصا، وكان نائبا لحكام العديـد من المقاطعات الإدارية على التوالي، وأنهى حياته المهنية حاكما لمقاطعة هلسـنغبورغ كاستل (مقابل مقاطعة السـنيور، والتي اشتهرت بعد ذلك حين ورد اسـمها في مسـرحية هاملت لوليام شكسبير، التي

عرضت على المسـرح لأول مرة العام 1600). ونظرا إلى أن تشـيو هو ثاني أطفال أوتو، ولكنه الابن الأكبر، فقد ولد وفي فمه ملعقة من فضة كما يقول المثل، ولكـن حياته تحولت وكأن الأمر قصة في مسـرحية، ذلـك أن أوتو كان لـه أخ يعمل قائدا بحريا في الأسـطول الدنماركي، وكان متزوجـا ولكن لم ينجب أطفالا. واتفق الأخوان على أنه إذا حدث وأنجـب أوتو ابنا فإنه حينئذ يعطي الطفـل لأخيه جورغن ليربيه كابن له، وهكذا عندما ولد تيشو ذكّر جورغن أخاه أوتو بوعده، غير أنه تلقى منه إجابة باردة للغاية، وربما كان لهذا علاقة بواقع أن تيشو كان له أخ توأم ولد ميتا، وأن أبويه ربما خشـيا من أن السـيدة بيت، زوجة أوتو، ربما لا تستطيع إنجاب المزيد من الأطفال، وكسبا للوقت انتظر جورغن إلى حين ولادة أول أخ أصغر لتيشو (بعد أكثر من العام بقليل) ثم خطف تيشو الصغير ورحل به إلى بيته في توستروب.

وقبلت أسـرة أوتـو ما حدث باعتبـاره أمرا واقعا مـا دام قد توافر لهما طفل صبي جديد يعكفون على تنشئته (والحقيقة أنهما أنجبا خمسة صبية وخمس بنات أصحاء)، وتربى تيشو في رعاية عمه الذي تبناه، وتعلم اللاتينية واسـتوعبها وهو طفل إلى أن التحق بجامعة كوبنهاغن في أبريل 1559، ولم يكن قد تجاوز الثالثة عشـرة من العمر - ولم يكن صغر سـنه أمرا غير عادي في تلك الأيام لأن يبدأ ابن من أسرة أرستقراطية تعليمه الذي يؤهله لشغل وظيفة رفيعة المستوى في الدولة أو الكنيسة.

وبدأت خطط جورغن التي رسـمها لابنه تيشـو لكي يعمل في خدمة الملك في الحقل السياسـي تنهار فجأة، نظرا لحدوث كسوف للشمس في 21 أغسـطس العـام 1960. وعلى الرغم من أن الكسـوف كان كاملا في البرتغـال، فإنه كان كسـوفا جزئيا في كوبنهاغن، ولكن ما اسـتحوذ على خيال تيشـو البالغ من العمر 13 سـنة لم يكن ظهور الكسوف بصورة أقل من وصفه مذهلا، وإنما واقع أن الحدث سـبق التنبؤ به قبل وقوعه بزمن طويل تأسيسا على جداول الأرصاد التي تتحدث عن الطريقة التي يتحرك بهـا القمر، كما يبدو بين النجوم - وتعود هذه الجداول إلى عصور قديمة ولكـن عُدلت في ضوء عمليات رصد تالية على أيدي علماء الفلك العرب،

وبدا له وكأن «شيئا إلهيا هو الذي يهيئ للناس القدرة على معرفة حركات النجوم بدقة متناهية بحيث أصبح في وسعهم التنبؤ بمواقعها وأوضاعها النسبية قبل زمن طويل» (*).

قضى تيشو القسط الأكبر من عمره في كوبنهاغن (أكثر من ثمانية عشر شهرا) وهو يدرس علم الفلك والرياضيات، ويبدو أن عمه أرخى له العنان في ذلك باعتبارها مرحلة من العمر سوف يتجاوزها، واشترى من بين ما اشترى نسخة من الطبعة اللاتينية لأعمال بطليموس وسطر عليها عديدا من الملاحظات (تذكر من بينها ملاحظة على الصفحة الأولى وسجل فيها أنه اشترى الكتاب في اليوم الأخير من شهر نوفمبر 1560 بما قيمته تاكرين) (**).

وفي فبراير 1562 غادر تيشو الدنمارك ليكمل تعليمه في الخارج، باعتبار هذا جزءا من العملية العادية التي تستهدف استكمال نضجه ليغدو شابا يافعا ملائما لوظيفته في المجتمع، التحق بجامعة ليبزيغ، التي وصل إليها يوم 24 مارس، مصحوبا برجل في سن الشباب تبدو عليه مظاهر الاحترام يدعى أنديرس فيديل، والذي يكبر تيشو بأربع سنوات فقط ولكن اختاره جورغن معلما لتيشو، وليكون رفيقا وراعيا يحفظه من أي سوء يصادفه، ونجح فيدل جزئيا، وكان من المفترض أن يدرس تيشو القانون في ليبزيغ، وقد أنجز هذا الهدف باهتمام، ولكن اهتمامه وحبه الأكاديمي الأغلب، كان لا يزال في علم الفلك، واعتاد إنفاق كل ما يتوافر لديه من مال على شراء أدوات وكتب خاصة بالفلك، وحرص على البقاء ساهرا لرصد الأجرام السماوية (وقتما كان فيديل مستغرقا في النوم)، وعلى الرغم من أن فيديل كان ممسكا بكل خيوط الإنفاق والمسؤولية المالية، وكان لزاما على تيشو أن يوضح له جميع أوجه إنفاقه، فلم يكن في مقدور فيديل وهو الأكبر سنا بقليل أن يثني تيشو عن حماسه، وهكذا تزايدت مهارات تيشو في مجال الرصد كما تضاعفت معارفه بشأن الفلك واطردت على نحو سريع لتفوق معارفه في القانون.

(*) الاقتباس من دراير عن كتاب غاسندي السيرة الذاتية لتيشو، المنشور في 1651، والذي اعتمد على أوراق تيشو الشخصية.

(**) التاكر، عملة نقدية فضية تعود جذورها لأواسط القرن الخامس عشر، واستخدمت في معظم مناطق أوروبا لمدة 400 سنة تقريبا. وهي أصل كلمة «دولار». [المحررة].

قياس مواقع النجوم

وعندما أصبح تيشو أكثر دراية بعلم الفلك أدرك على الرغم من هذا أن الدقة التي يعرف بها الناس، وفق ما يبدو لنا، مواقع النجوم أقل إثارة بكثير مما ظن هو أول الأمر، مثال ذلك أنه في أغسطس العام 1563 حدث اقتران بين زحل والمشتري - وهو حدث فلكي نادر يقترب فيه الكوكبان كثيرا جدا أحدهما من الآخر على صفحة السماء حتى ليظن الرائي أنهما سيتحدان، وهذا له دلالة مهمة وكبيرة عند المنجمين (*)، وكانوا قد تنبأوا به على نطاق واسع وانتظروا وقوعه في لهفة، ولكن عندما وقع الحدث بالفعل يوم 24 أغسطس تبين أن مجموعة من الجداول كانت نبوءتها متأخرة شهرا كاملا، وأن أفضل الجداول أخطأت نبوءته عدة أيام، ولكن تيشو، وهو في أول عهده في العمل في مجال الفلك، وضع على رأس قائمة عمله الفكرة التي عزف عنها سابقوه المباشرون وكذا معاصروه (سواء بدافع الكسل أو نتيجة لتوقيرهم الشديد للقدماء)، وتقضي هذه الفكرة بأننا لكي نفهم على نحو صحيح حركة الكواكب وطبيعتها لا بد أولا أن نجري سلسلة طويلة من المشاهدات الحذرة والدقيقة لرصد حركتها في علاقتها بالنجوم الثوابت، ويتعين إنجاز هذه المشاهدات بدقة أفضل من أي دراسة تمت قبل ذلك، ومع بلوغ تيشو سن السادسة عشرة أضحت رسالته في الحياة واضحة تماما له، إن السبيل الوحيد لعمل جداول صحيحة تثبت فيها حركات الكواكب هو عمل سلسلة من الأرصاد على مدى زمن طويل وليس (كما فعل كوبرنيكس) الاكتفاء بحالة رصد مرة هنا ومرة هناك ونضيف هذه وتلك كيفما اتفق إلى مشاهدات الأقدمين.

وحري أن نتذكر أن أدوات الرصد المستخدمة وقتذاك، وقبل استحداث التلسكوب الفلكي، كانت تستلزم مهارة لا متناهية في صناعتها، ناهيك عن المهارة الكبيرة في استخدامها (إذ الأمر على العكس تماما بالنسبة إلى التلسكوبات الحديثة والحواسب المقترنة بها)، وقد استخدم تيشو العام 1563 أبسط التقنيات المعروفة في عصره، وتتمثل هذه في الإمساك ببوصلتين ليقربهما إلى عينه بحيث يشير عقرب إحداهما إلى نجم ويشير

(*) يرى الآن بعض الفلكيين أن الظاهرة المعروفة باسم «نجم بيت لحم» والتي حدثت عند ميلاد يسوع المسيح ربما كانت سلسلة من الاقترانات المماثلة.

الثاني إلى الكوكب المعني، ولنقل المشتري، واستطاع تيشو تقدير البعد الزاوي للجرمين السماويين وقتذاك عن طريق استخدامه البوصلتين مع هذا البعد لقياس المسافات المرسومة على الورق(*) بيد أنه سعى من أجل الوصول إلى دقة أفضل من هذه، وإذا كانت تفاصيل الأدوات التي استخدمها غير ذات أهمية حاسمة في قصتي هنا بيد أنه يجدر بنا أن نذكر واحدة منها، وهي آلة اسمها مثلث المساح أو نصف القطر Radius، والتي صنعها تيشو لنفسه منذ مطلع 1564. وهذه آلة معيارية كانت مستخدمة في الملاحة وفي الفلك في تلك الأيام، وتتكون أساسا من حبلين يشكلان معا صليبا، ويمتد كل منهما مع الآخر في زاوية قائمة، ويتغير وضعهما تدريجيا ويقسمان إلى مسافات بحيث يمكن أن تصبح النجوم أو الكواكب في صف واحد مع نهايات القطع المستعرضة، وهنا يكون في الإمكان قراءة البعد الزاوي لها عن المقياس المدرج، وتبين بعد ذلك أن العلامات المثبتة على آلة مثلث المساح التي يستخدمها تيشو ليست صحيحة، أي بها خطأ، ولم يكن لديه المال الكافي لمعايرتها من جديد (إذ كان فيديل لايزال يحاول الالتزام بواجبه الذي عهد إليه به جورغن براهي وأن يحول دون تيشو وإنفاق كل وقته وماله في الفلك)، لذلك عمد تيشو إلى إعداد جدول تصويبات للآلة التي معه بحيث يستعين بهذا الجدول ليقرأ القياس الصحيح المقابل للقراءة الخطأ التي يظهرها مثلث المساح الذي معه عند أي رصد يقوم به، وهذا مثال حري أن يقتدي به علماء الفلك عند محاولة التغلب على الصعاب التي يعانونها بسبب آلات معيبة صادفتهم على مدى القرون بما في ذلك العملية الشهيرة لـ «إصلاح» التلسكوب الفضائي «هابل» عن طريق استخدام مجموعة إضافية من المرايا لتصحيح أخطاء في المرايا الرئيسية للتلسكوب.

وطبيعي أن تيشو باعتباره أرستقراطيا وله (كما يبدو) مستقبل آمن فإنه ليس في حاجة إلى استكمال شكليات الحصول على درجة علمية، فقد ترك ليبزيغ في مايو 1565 (وهو لايزال في صحبة فيديل) بسبب

(*) طبيعي أن تحديد الوقت بدقة كان مشكلة كبرى أيضا في ستينيات القرن السادس عشر، أي قبل استحداث الساعات الدقيقة بزمن طويل - وهذا مثال من بين أمثلة أخرى كثيرة للدلالة على الاعتماد المتبادل بين العلم والتكنولوجيا.

نشــوب حرب بين الســويد والدنمارك، وأحس عمه بأنه لا بد من عودته إلى الوطــن، بيد أن اجتماعهما كان لفترة قصيرة، وعاد تيشــو ثانية إلى كوبنهاغن مع نهاية الشهر، حيث وجد أن جورغن عاد هو الآخر من معركة بحرية شــارك فيها في مياه بحر البلطيق، وبعد أسبوعين، بينما كان الملك فريدريك الثاني وفريق يضم الأدميرال يعبرون الجســر الواصل من قلعة كوبنهاغن إلى المدينة، ســقط الملك في المــاء، وكان جورغن أحد من هبوا مبادرين لإنقاذه، وعلى الرغم من أن الملك لم يصب بأضرار مرضية طويلة المدى نتيجة ســقوطه في الماء، فإن جورغن براهي أصابته رجفة صاحبتها تعقيدات تزايدت إلى أن مات في 21 يونيو، ووضح أن بقية الأســرة (فيما عــدا أحد أخوالــه) كانوا غاضبين بســبب اهتمام تيشــو بالنجوم وكانوا يفضلــون له أن يتابع عمله الذي يؤهله لمكانة ســامية في المجتمع، بيد أن تيشــو، على الرغم من هذا، حصل على إرث من عمه ولم يعد هناك شيء يقيده، وفي مطلع العام 1566، وبعيد احتفاله بعيد ميلاده التاســع عشر، انطلق تيشو ليشرع في أسفاره، وزار جامعة ويتينبرغ ثم استقر لفترة لكي يدرس في جامعة روستوك، التي تخرج فيها بعد ذلك.

واشتملت دراســاته هذه على التنجيم والكيمياء (أو بالدقة الخيمياء) والطب، وأجرى تيشو لفترة من الوقت بعض عمليات الرصد للنجوم، وليس غريبا اتســاع مجال اهتماماته مادام أن أيا مــن هذه الموضوعات لم يكن معروفا عنها غير النزر اليسير، بحيث لم يكن هناك ما يدعو إلى المحاولة من أجل التخصص فيها، هذا بينما النفوذ السائد عن التنجيم كان يعني أن ثمة اعتقادا، على سبيل المثال، بوجود رابطة قوية بين ما يجري في السماء وبين نشاط جسم الإنسان.

وطبيعي أن كان تيشــو، شــأن أقرانه، مؤمنــا بالتنجيم وألف عادة اســتفتاء الطالع، وحدث بعد وصوله بفترة قصيرة إلى روستوك أن وقع خســوف للقمر في 28 أكتوبر العام 1566. وتأسيسا على الطالع الذي اســتخاره تيشــو، أعلن أن هذا الحدث تنبأ بموت الســلطان العثماني ســليمان المعروف بالســلطان الأعظم، وحقيقة أن هذا لــم يكن نبوءة تكشــف عن حذق ومهــارة نظرا إلى أن الســلطان ســليمان، كان في

الثمانين من عمره، علاوة على هذا أن مضمون النبوءة كان رغبة شائعة في أوساط أوروبا المسيحية، نظرا إلى أنه اكتسب كُنيته هذه «الأعظم» لأسباب من بينها احتلاله لبلغراد وبودابست ورودس وتبريز وبغداد وعدن والجزائر، وكان مسؤولا في العام 1565 عن عملية اجتياح ضد مالطا، ولكن لحسن الحظ أن صدها فرسان القديس جون، والمعروف أن الإمبراطورية العثمانية بلغت ذروة مجدها في عهد سليمان، وكانت تمثل تهديدا حقيقيا لبلدان شرق أوروبا المسيحية، وعندما وصلت الأنباء إلى روستوك بأن السلطان مات فعلا صعدت مكانة تيشو إلى عنان السماء - على الرغم من أن البريق الذي اقترن بإنجازه هذا خفت وزال عندما تبين أن الوفاة حدثت قبل الخسوف ببضعة أسابيع.

ووقع أشهر الأحداث في حياة تيشو في فترة تالية من العام نفسه، إذ حدث في أثناء حفلة رقص في 10 ديسمبر أن تشاجر تيشو مع أرستقراطي دنماركي آخر يدعى ماندراب بارسبرغ، والتقى الاثنان مصادفة للمرة الثانية في حفل الكريسماس في 27 ديسمبر، واحتدم الشجار بينهما (لا نعرف على وجه الدقة ماذا حدث وسبب الشجار، ولكن ثمة قصة تقول إن بارسبرغ سخر من نبوءة تيشو بشأن موت السلطان الذي كان قد مات فعلا) ولم يعد من سبيل إلا حسم الأمر بمبارزة، والتقيا ثانية في السابعة بعد ظهر يوم 29 ديسمبر وسط ظلام دامس (وهذا وقت غريب يصعب اختياره، وربما جاء اللقاء عرضا) واندفع أحدهما تجاه الآخر مشرعا سيفه، وكانت المعركة غير حاسمة، وإن كان تيشو قد تلقى ضربة قطعت جزءا من أنفه، واعتاد طوال حياته إخفاء هذا التشوه مستخدما قطعة خاصة مصنوعة من ذهب وفضة، وعلى عكس ما ذهبت إليه أغلب الروايات، فإن تيشو لم يفقد أرنبة أنفه بل قطعة غليظة من الجزء الأعلى لأنفه، واعتاد كذلك حمل صندوق من المرهم ولم يفتأ بين الحين والآخر يمسح المكان المصاب به ليخفف من حدة تهيجه.

والقصة علاوة على أنها مثيرة للفضول، هي ذات أهمية لأنها تعطي صورة صحيحة عن تيشو وقد بلغ الآن العشرين من العمر وبدا في صورة الإنسان المثير للقلاقل، ويملأه شعوره بالغطرسة لما يتحلى به من قدرات،

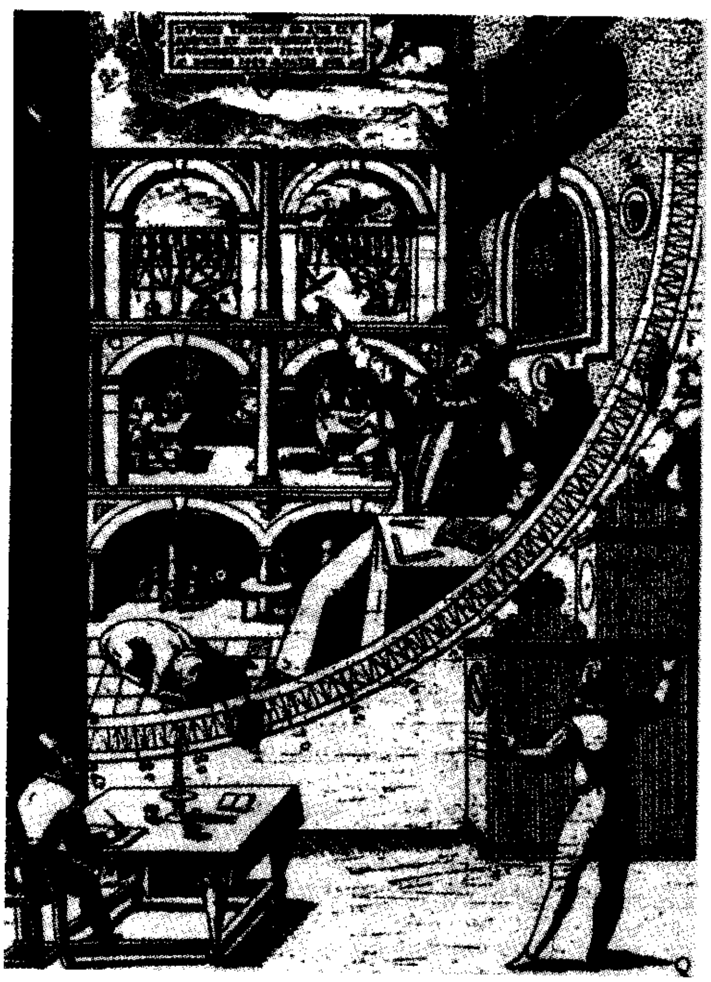
ثم عزوفه أحيانا عن التزام الحرص والحذر، وسوف تبرز هذه السمات على السطح واضحة في حياته بعد ذلك وتكون سببا فيما يصيبه من حزن وأسى يتجاوز حدود جدع الأنف.

أجرى تيشو، خلال الفترة التي عاشها في روستوك، العديد من الزيارات لموطنه الأصلي، وعلى الرغم من عجزه عن إقناع أسرته بأنه على صواب إذ يلتزم باهتماماته بأمور مثل الفلك، فإن قامته المتعاظمة كرجل علم لم تكن في أوساط أخرى بالحدث الذي لا يلفت الأنظار، ففي 14 مايو 1568 تلقى تيشو وعدا رسميا من الملك، وكان لايزال فريدريك الثاني، أن في وسعه أن يأخذ منصب الكاهن الذي سيصبح شاغرا في كاتدرائية روسكايلد في سيلاند، وعلى الرغم من أن حركة إصلاح الكنيسة استغرقت أكثر من ثلاثين سنة مضت، منذ 1536، وكانت الدنمارك بروتستانتية ملتزمة صادقة الإيمان، غير أن الدخل الذي كان يذهب في السابق إلى كهنة الكاتدرائية يجري إنفاقه الآن لدعم متطلبات رجال العلم، وكانوا لايزالون يحملون اسم كهنة ويعيشون في مجتمع محلي مرتبط بالكاتدرائية وإن تفرغوا من أي واجبات دينية وأصبحت جميع المناصب منحة من الملك، وطبيعي أن منحة فريدريك تعكس عن يقين إمكانات تيشو المحتملة مستقبلا كـ «رجل علم»، ولكنها تمثل حدثا جديرا بالذكر، خصوصا أن الوعد يبدو شديد السخاء بالنسبة إلى تيشو الشاب الذي مات عمه، ومات، بالمعنى الحرفي، في خدمة الملك.

وانطلق تيشو في منتصف العام 1568 في سلسلة أسفاره ثانية، بعد أن أكمل دراساته في روستوك، وأمَّن مستقبله بفضل منحة الكهنوتية، وبدأ بزيارة ويتنبرغ للمرة الثانية، ثم بازل، قبل أن يستقر لفترة قصيرة في أوغسبرغ في مطلع العام 1569، ليبدأ سلسلة من أعمال الرصد هناك، واستعان في عمله هذا بنسخة ضخمة من آلة تسمى الربعية لقياس الارتفاع الزاوي، وقد صنعت خصيصا له، ويبلغ نصف قطرها نحو 6 أمتار، وهي ضخمة جدا بحيث إن حافتها الدائرية يمكن معايرتها وترقيمها إلى أجزاء من ستين لضمان عمليات رصد دقيقة، وأقامها فوق ربوة مرتفعة داخل حديقة أحد أصدقائه، وبقيت هناك خمس سنوات قبل أن تدمرها عاصفة في ديسمبر 1574، ولكن تيشو كان قد غادر أوغسبرغ

العام 1570، عائدا إلى الدنمارك عندما بلغته أنباء عن أن أباه يعاني مرضا شديد الوطأة، وعلى الرغم من ذلك، لم يكن تيشو ليشغله شيء عن العمل الذي اتخذه محورا لحياته، ومن ثم استمر في عمليات الرصد من قلعة هلسنغبورغ مع نهاية ديسمبر في تلك السنة.

وتوفي أوتو براهي في التاسع من مايو 1571، وهو في الثامنة والخمسين من العمر، وخلف أهم ممتلكاته العقارية في كنودستروب ملكية مشتركة لولديه الكبيرين تيشو وستين، وذهب تيشو ليعيش في كنف خاله واسمه أيضا ستين، إذ هو الوحيد في الأسرة الذي اعتاد تشجيع تيشو على ممارسة اهتماماته بعلم الفلك، والذي كان أيضا، وفق روايات تيشو نفسه، أول من أدخل صناعة الورق والزجاج على نطاق واسع إلى الدنمارك. وحتى نهاية 1572، وربما تحت تأثير ستين الأكبر، نذر تيشو جهده للتجارب الكيميائية، ولكن من دون التخلي عن اهتمامه بالفلك.



7 - تيشو والربعية الكبرى، 1569

ولكن تغيرت حياته للمرة الثانية في مساء 11 نوفمبر بسبب حدث من أهم الأحداث الدرامية التي يمكن أن يشهدها العالم.

تيشو والنجم المتجدد الأعظم

بينما كان تيشو عائدا إلى بيته من معمله، وعيناه مثبتتان على صورة النجوم بامتداد الأفق على طول الطريق لحظ شيئا غريبا غير مألوف حول كوكبة ذات الكرسي (Cassiopeia) – وهي كوكبة على شكل W وهي من أكثر الأشكال تميزا ووضوحا في الأفق الشمالي للسماء، إذ لحظ نجما إضافيا مع الكوكبة، ليس هذا فقط بل كان أيضا شديد اللمعان، وإذا شئنا أن نقيم حقيقة أثر هذا في تيشو ومعاصريه يكفي أن نتذكر أن النظرة السائدة وقتذاك هي الاعتقاد بأن النجوم مصابيح ثابتة أبدية، خالدة لا يعتريها أي تغيير، وأنها ملحقة بفلك بلّوري، ويمثل هذا الاعتقاد جزءا من عقيدة كمال السماء، التي تفيد بأن الأبراج والكواكب هي هي منذ الأزل، ومن ثم فإذا كان هذا النجم نجما جديدا فعلا، فإن هذا من شأنه أن ينسف عقيدة الكمال، بمجرد أن نقبل القول بأن السماء ليست كاملة مبتدأ ونهاية حتى نسأل من في وسعه أن يتنبأ بما سوف يستتبع ذلك؟

بيد أن مشاهدة واحدة لا تمثل برهانا على أن ما أبصره تيشو كان نجما جديدا، ربما يكون جرما أصغر حجما، كالنجم المذنب مثلا، وكان الظن السائد آنذاك أن المذنبات ظواهر جوية تحدث على مقربة من سطح الأرض ولا تصل حتى إلى أبعاد القمر (على الرغم من أن الجميع يعرفون أن الغلاف الجوي نفسه ممتد حتى القمر)، وسبيلنا لكي نعرف هو أن نقيس موضع الجرم بالنسبة إلى النجوم المجاورة لذات الكرسي، وأن نرى إذا كان قد غير موضعه مثل أي مذنب أو شهاب، أم أنه ظل في مكانه بشكل دائم شأن النجم، وكان تيشو لحسن الحظ قد فرغ من بناء سدسية أخرى ضخمة جدا، وحرص كلما انقشعت السحب في أثناء الليل أن يركز انتباهه على النجم الجديد، واستمر على هذا المنوال ثمانية عشر شهرا، ووجد أنه طوال هذا الوقت لم يتحرك مطلقا

بالنسبة إلى النجوم الأخرى، إنه حقيقة نجم جديد شديد اللمعان (مثل لمعان الزهرة)، حتى ليمكن مشاهدته في ضوء النهار، وإن بدا يخفت تدريجيا ابتداء من ديسمبر 1572، وما بعد ذلك، وطبيعي أن كثيرين آخرين رأوا النجم مثل تيشو، وترددت روايات خيالية عن دلالته وتداولها الناس خلال العام 1573، وسطر تيشو روايته عن الظاهرة، وعلى الرغم من أنه أحجم أول الأمر عن نشر روايته (ربما لأنه اهتم أساسا بأسلوب الناس ورد فعلهم إزاء هدم عقيدة كمال السماء، وربما أيضا أن النجم لايزال موجودا تبصره الأعين، بما يعني أن روايته ستكون بالضرورة غير كاملة، فضلا عما قد يكون عاملا أهم من ذلك، وهو أن الناس قد يرون أنه ليس من اللائق لواحد من النبلاء أن يتورط في مثل هذه الدراسات)، فقد ألح عليه وأقنعه بعض الأصدقاء من كوبنهاغن وأكدوا له ضرورة الإقدام وإثبات روايته لتوثيق الحدث، وتمخض هذا عن كتيب بعنوان «النجم الجديد» (De Nova Stella)، الذي صدر العام 1573، وأضاف بذلك كلمة جديدة في مجال علم الفلك (*)، وأوضح تيشو في الكتاب أن الجرم السماوي ليس مذنبا ولا شهابا ومن ثم لابد أنه ضمن «فلك» النجوم الثوابت، وناقش في الكتاب أيضا أهمية ودلالة الجديد «النوفا» (هكذا بكلمات غامضة وعامة)، وقارن بينه وبين جرم سماوي آخر أفادت الروايات بأن هيباركس شاهده في السماء نحو العام 125 ق.م.

وكم كان يسيرا في تلك الأيام استطلاع دلالات تنجيمية في أي شيء تبصره العين في السماء، نظرا إلى أن أوروبا كانت تسودها الاضطرابات والفوضى، وعقب النجاح الأول لحركة الإصلاح، كانت الكنيسة الكاثوليكية تخوض حربا دفاعية، خاصة ما تمثل في أنشطة اليسوعيين في النمسا والدويلات الجرمانية الجنوبية، وكان الهوغونوت البروتستانت في فرنسا يعانون نكسات قاسية في الجزء الأوسط، وهو

(*) من المعروف أن هناك نوعين مما يسمى «النجم الجديد»، نجم شديد اللمعان وشائع نسبيا ونجم أشد لمعانا بكثير جدا ونادر للغاية. النجوم فائقة اللمعان نسميها، وهي تسمية منطقية، المتجددات الأعظم Supernovae. ولقد كان النجم الجديد الذي ظهر العام 1572 أحد هذه الأجرام فائقة اللمعان ونعتبرها الآن نجما متجددا أعظم Supernovae. ولكن الشيء المثير أكثر من غيره في أيام تيشو لم يكن لمعان النجم بل جدته.

ما اشـــتهر باسم حروب فرنسا الدينية، ودارت كذلك معارك دموية في هولندا بين المحاربين من أجلِ الاستقلال والإسبان، وطبيعي لم يكن في اســـتطاعة تيشـــو أن يؤلف كتابا عن نجم جديد ليصدر وسط كل هذه الفوضى الضارية أطنابها من دون، على الأقل، إيماءة في اتجاه التنجيم، بيد أن الحقائق الأساسية بدت جلية وواضحة في كتاب «النجم الجديد»، وأن الجرم الســـماوي ثابت وسط النجوم الثوابت وصدقت عليه جميع المعاييـــر مما يؤكـــد أنه نجم جديد عن أصالة، وعكـــف كثير من علماء التنجيم على دراسة الجرم الســـماوي (بمن فيهم توماس ديغز صاحب المكانة التي تضاهي مكانة تيشو)، ولكن مقاييس تيشو كانت بكل وضوح هي الأدق والأجدر بالثقة.

بيـــد أن هذا كله انطوى على مظهر واحد للتضارب، أجرى تيشـــو تحديدا دراســـة مســـتفيضة عن النجم ليتبين إن كان ثمة أي أثر نتيجة تغير اختلاف الوضع والذي لنا أن نتوقعه إذا كانت الأرض تتحرك فعلا حول الشـــمس، ونظرا إلى أن تيشـــو عالم أرصاد رفيع المستوى، وصنع مثـــل هذه الأدوات الدقيقة، فقد بدا أن هـــذا أفضل وأدق بحث أُجري حتى الآن عن اختلاف الوضع، ولم يجد أي دليل يؤكد اختلاف الوضع، ومن ثم اعتبر ذلك عاملا مهما لإقناعه بأن الأرض ثابتة، والنجوم تدور حولها في فلكها البلّوري.

لم يطرأ أي تغيير ثوري على حياة تيشـــو بســـبب كتابه عن النجم الجديد (والذي يشـــار إليه اليوم أحيانا باسم نجم تيشو أو نجم تيشو المتجدد الأعظم)، ولكن حياته تغيرت كثيرا في العام 1573 لأســـباب شـــخصية، إذ بنى علاقـــة دائمة مع فتاة عاش معها تدعى كرســـتين، ونحن لا نعرف غير القليل جدا عن كرستين فيما عدا أنها من العامة، وتقول بعض الروايـــات إنها ابنة لمزارع، ويقول آخرون ابنة لرجل دين، ويقول غيرهم إنها كانت خادمة لدى كنودســـتروب، ولم يحدث قط أن عقد الاثنان حفل زواج رســـمي، ربما بسبب فارق المكانة الاجتماعية، ولكن نعرف أن مثل هذا الزفاف كانت الدنمارك في القرن الســـادس عشـــر تعتبره أمرا اختياريا وغيـــر ملزم، فقد نص القانون على أن أي

امــرأة ارتضــت العيش صراحة وعلــى الملأ مع رجل مـــا، واحتفظت بمفاتيحه وأكلت على مائدته، فإنها تعتبر بعد ثلاث ســنوات زوجا له، ومنعا لأي لبس، وحتى لا تثار الشــكوك، فإنه بعد وفاة تيشــو ببعض الوقــت أصدر عديدون من أقاربه إعلانا شــرعيا عليه توقيعهم يفيد بأن أطفاله شــرعيون وأن الأم هي زوج له، ومن دون النظر إلى المكانة الاجتماعية الشــكلية، كان الزواج ناجحا وســعيدا فيما يبدو، ومن ثم أنجــب أربع بنات وابنين امتد بهم العمر، فيما عدا طفلين آخرين ماتا في سن الرضاعة.

وفــي العــام 1574 خصص تيشــو جزءا من وقتــه للرصد، ولكن القســط الأكبر من السنة قضاه في كوبنهاغن حيث قدم، بناء على أمر من الملك، سلسلة من المحاضرات بالجامعة، ولكن على الرغم من شهرته التي تزايدت باطراد، كما يوضح هذا الطلب الملكي، فإنه لم يكن سعيدا بالأوضــاع في الدنمــارك، وأحس أن في إمكانــه أن يتلقى دعما أكبر لعمله إذا رحل، وبعد سلســلة من الأســفار المكثفــة خلال العام 1575 قرر فيما يبدو الاستقرار في بازل، وعاد إلى الدنمارك في نهاية السنة لكي يعد العدة للرحيل، ومع هذا كان الشــعور الســائد حتى الآن داخل البلاط هو أن وجود تيشو في الدنمارك يمثل إضافة لمكانة البلاد كلها، وحيــث إن الملــك كان أصلا متعاطفا معه فقد حثــه البعض لكي يفعل شــيئا للإبقاء على عالم الفلك الذي أصبح شــهيرا في الوطن، ورفض تيشــو منحه قلعة ملكية ليتخذها قاعدة له، ربما إدراكا منه لما تنطوي عليه من واجبات ومســؤوليات إدارية، وليس لأن المنحة من نوع يرفضه الأكثرون، وخطرت في ذهن الملك فريدريك فكرة جريئة، وهي أن يعطي تيشــو جزيرة صغيرة، هي جزيرة هفــين الواقعة في الخليج الممتد بين كوبنهاغــن والســينور، وتضمن الاقتراح عرضا بدفــع تكلفة بناء منزل ملائم علــى الجزيرة من مال القصر الملكي الخــاص علاوة على دخل إضافي، وكان هذا في الحقيقة عرضا لم يكن ليرفضه تيشو. وفي 22 فبراير 1576 قــام بأول زيارة للجزيرة حيث ســيجري الجانب الأكبر من أرصاده، وتوافق هذا مــع تنفيذ عملية رصد لظاهرة اقتران المريخ

والقمـــر من فوق الجزيرة في تلك الأمســـية (*)، ووقع الملك على وثيقة نقل ملكية الجزيرة إلى تيشو يوم 23 مايو، وبدا أن مستقبل تيشو أصبح آمنا وهو في التاسعة والعشرين من العمر.

وكان في وسع تيشـــو، مادام فريدريك يعتلي العرش، أن يستمتع بقدر غير مســـبوق من الحريـــة لإدارة مرصده كمـــا يحلو له، كانت الجزيرة صغيرة، على شكل مستطيل تقريبا وعرضها ثلاثة أميال من الشاطئ إلى الشاطئ الآخر على امتداد أطول أقطارها، وأعلى نقطة فيها، التي اختيـــرت لتكون موقع الإقامة الجديد لتيشـــو وللمرصد كذلك، لا يزيد ارتفاعها على 160 قدما عن ســـطح البحر، ولم يكن المـــال يمثـــل هدفا أول الأمر، نظـــرا إلى تلقي تيشـــو منحة إضافية يمثلهـــا مزيد من الأراضـــي على أرض الدنمارك عـــلاوة على دخله الآخر، وأهمل واجباته باعتباره مســـؤولا عن الأراضي، مما سيؤدي في المستقبل إلى بعض المشكلات، ولكن بدا له الأمر أولا كأنه حصل على جميـــع المزايا والمنافع من دون مســـؤوليات، وحصل أخيرا على منصـــب ودخل الكاهـــن الذي تلقى وعدا به منـــذ زمن طويل، وذلك العام 1579. وجرى تعميد المرصد وإعطاؤه اســـم يورانيبورغ، نسبة إلـــى يورانيا، ربة الفلـــك، وتطور مع الزمن ليصبح مؤسســـة علمية رئيسية تضم أروقة رصد ومكتبة ودراسات، وتمثل الأدوات أفضل ما يمكن أن يوفره المال لمؤسسة، ومع تطور أعمال الرصد وزيادة أعداد المساعدين الذين وفدوا إلى الجزيرة للعمل مع تيشو، بُني مرصد ثان قريب من الأول، وأنشأ تيشو مطبعة في يورانيبورغ ليضمن نشر كتبه وبياناته الفلكية (وأيضا شعره الجيد) إلى حد ما، وحين واجه صعوبة في الحصول على الورق أنشـــأ مصنعـــا للورق، ولكن أرجو ألا يتعجل القارئ ويظن أن يورانيبورغ كان الســـابقة الأولى والوحيدة للمرصد الحديث والمجمـــع التكنولوجي، وحتى هنا، صهرت نزعة تيشـــو في التفسير الروحاني متجلية في تصميم المباني، إذ استهدف التصميم أن يعبر عن بنية السماء.

(*) يحدث الاقتران عندما يتحرك جرم فلكي أمام (أو خلف) جرم آخر، والكسوف الشمسي هو اقتران يتحرك خلاله القمر أمام الشمس.

تيشو يرصد مذنبا

أغلب أعمال تيشو التي أنجزها على الجزيرة طوال العشرين سنة التالية يمكن إيجازها في عرض مجمل، وذلك لأنها اشتملت على إنجاز مهمة مملة ولكنها حيوية، وهي قياس مواقع الكواكب بالنسبة إلى النجوم الثوابت، ومتابعة ذلك ليلة بعد ليلة، وتحليل النتائج، وحتى نتبين هذه المهمة من منظورها الصحيح، نشير إلى أنها تقتضي أربع سنوات لرصد مسار حركات الشمس «عبر» الكوكبات بدقة، ثم اثني عشر عاما لكل من المريخ والمشتري، وثلاثين عاما للتثبت من مدار زحل، ومع أن تيشو قد بدأ عملية الرصد وهو في السادسة عشرة، فإن قياساته الأولى لم تكن مكتملة، وأقل دقة من تلك التي في وسعه عملها الآن، وحتى بعد عشرين عاما، كانت جزيرة هفين كافية لتفي بالغرض المنشود، ولم يكن ليكتمل هذا العمل ويحقق الثمرة المرجوة منه إلا بعد أن قام يوهانس كيبلر، اعتمادا على جداول تيشو، بتفسير مدارات الكواكب على مدى سنوات بعد وفاة تيشو، ولكن في العام 1577، وفي اتصال مع عمله الروتيني، رصد تيشو نجما مذنبا ساطعا، وأجرى تحليلا دقيقا للكيفية التي تحرك بها المذنب، وأوضح بشكل نهائي وحاسم أنه ليس ظاهرة محلية أقرب إلى الأرض منها إلى القمر كما كان الظن، بل لا بد أنه يسير بين الكواكب نفسها ويعبر فعليا مداراتها، وأصبح هذا التحليل، شأن عمليات رصد النجم المتجدد الأعظم العام 1572، ضربة قاصمة للأفكار القديمة عن السماوات، ولكنها هذه المرة ضربة أطاحت بفكرة الأفلاك البلّورية، نظرا إلى المذنب يتحرك تماما عبر الأماكن التي كان من المفترض سابقا أنها أماكن الأفلاك البلّورية.

شاهد تيشو المذنب لأول مرة في 13 نوفمبر 1577 على الرغم من أنه سبقت ملاحظته في باريس ولندن في وقت مبكر من هذا الشهر، وذهب بعض رجال الأرصاد الأوروبيين الآخرين أيضا في حساباتهم إلى أن المذنب سوف يتحرك بالضرورة وسط الكواكب، ولكن كان من المسلم به بين الجميع أن عمليات الرصد التي قام بها تيشو أدق من أي إنسان آخر، ولهذا فإن إنجازه هو الذي رسخ

الموضـــوع في أذهـــان الأغلبية العظمى من معاصريـــه، وجرت كذلك دراســـة مذنبات أخرى عديدة ولكنها أقل وهجا بالطريقة نفسها على مدى عدد قليل من الســـنوات التالية وأكدت الدراسات صدق النتائج التي تم التوصل إليها.

نموذجه عن الكون

الدراســـات التي أجراها تيشو عن المذنب إضافة إلى عمليات الرصد السابقة للمتجدد الأعظم شجعته على تأليف كتاب رئيسي عنوانه «مقدمة لعلـــم الفلـــك الجديـــد» Astronomiao Instauratae Progymnasmata، صـــدر الكتاب فـــي مجلدين العـــام 1587 و1588(*)، وأرســـى في هذا الكتاب أسس نموذجه الجديد عن الكون، ويبدو نموذجه في نظر المحدثين شـــيئا متخلفا لأنه يمثل نوعا من الرؤية الوســـطية بين منظومة بطليموس ومنظومة كوبرنيكس، ولكن نموذج تيشو اشتمل على عناصر فتحت مجالا جديدا، وتستحق أن نوليها اعتبارا وثقة أكثر من المألوف عادة.

كانـــت فكرة تيشـــو أن الأرض ثابتة وتحتل مركز الكون وأن الشـــمس والقمر والنجـــوم الثوابت تدور في مداراتها حـــول الأرض، وكان الرأي أن الشـــمس ذاتها هـي مركز مدارات الكواكب، حيث عطارد والزهرة يتحركان في مدارين أصغر من مدار الشـــمس حول الأرض، بينما المريخ والمشـــتري وزحل تدور في مدارات مركزها الشمس ولكنها تشتمل على كل من الشمس والأرض داخل هـــذه المدارات، وهكذا تخلصـــت المنظومة من فكرة أفلاك التدوير والناقلات، وفســـرت لماذا امتزجت حركة الشمس بحركة الكواكب، عـــلاوة على هذا فإن تيشـــو حين نقل مركز مـــدارات الكواكب من الأرض إنمـــا ملأ أغلبية الفضاء إلى خارج الوضع المفترض للنجوم الثوابت، والذي يقرر نموذج تيشو أنه يبعد عنا بما يساوي نصف قطر الأرض 14 ألف مرة (وطبيعي أن لم تكن ثمة مشكلة بشأن اختلاف الوضع لأن الأرض لا تتحرك في هذا النموذج). ولكن الشـــيء المهـــم حقيقة، الذي يبدو فكرة حديثة في

(*) صدر حتى ذلك الوقت طباعة لجزء كبير من الكتاب في جزيرة هفين، وتم تداول عدد قليل من النســـخ بناء على اتصالات شخصية قام بها تيشـــو. ولم تصدر طبعة كاملة إلا العام 1603، والتي حررها يوهانس كيبلر.

مظهرها، في كل ما سبق هو أن تيشو لم ير أن المدارات مرتبطة بأي شيء طبيعي مثل الأفلاك البلّورية، بل رآها فقط مجرد علاقات هندسية تصف حركة الكواكب، وعلى الرغم من أنه لم يقل هذا تحديدا وبهذا الوضوح فإنه أول عالم فلك يتخيل الكواكب معلقة في فضاء فارغ من دون دعامات.

بيد أن تيشو كان أقل حداثة في نواح أخرى، إنه لم يكن ليقبل ما سماه «البطلان الفيزيقي» الذي يدع الأرض تتحرك، مثلما كان مقتنعا بأن الأرض إذا افترضنا أنها تدور حول محورها وأسقطنا حجرا من أعلى برج شاهق، فإن الحجر سيسقط ليصل إلى أحد جوانب البرج، بينما الأرض تدور من تحته في أثناء سقوطه، والجدير بالذكر أن المعارضة الشرسة لمنظومة كوبرنيكس كانت لاتزال على أشدها في تلك الأوقات من جانب الكنائس البروتستانتية في شمال أوروبا، بينما كان موضع إغفال شديد من جانب الكنيسة الكاثوليكية (كان برونو لايزال يستثير معارضتهم لهذه الأفكار)، ولم يكن التسامح الديني سمة مميزة للدنمارك في أواخر القرن السادس عشر، وأي امرئ يرى أن وضعه رهن رعاية الملك سوف يكون ملزما بالترويج لأفكار كوبرنيكس، حتى إن لم يكن مؤمنا بها (وهو ما لم يفعله تيشو كما هو واضح لنا).

ومع استمرار عمليات الرصد التي يجريها تيشو بشكل روتيني (وهي شديدة الأهمية للعلم وإن كان من الممل تماما وصفها)، بدا وضعه في جزيرة هفين مهددا نظرا إلى موت فريدريك الثاني العام 1588، وهذا هو الوقت تحديدا الذي دفع فيه بكتابه إلى المطبعة، وخلف فريدريك ابنه كرستيان وهو في الحادية عشرة من العمر، وانتخب نبلاء الدنمارك أربعة منهم للعمل أوصياء على العرش إلى أن يبلغ سن العشرين، ولم يحدث سوى تغير طفيف أول الأمر من حيث موقف الحكومة من تيشو، والحقيقة زُوِّد تيشو في فترة تالية من العام بالمزيد من المال لتغطية الديون التي ورط نفسه فيها لبناء المرصد، وبدا واضحا أن الدنمارك كانت تنظر إلى تيشو في سنواته الأخيرة في جزيرة هفين باعتباره مؤسسة قومية عظيمة، واستقبل كثيرا من الزائرين ذوي القامة المتميزة، نذكر من بينهم جيمس السادس أمير سكوتلاندا (وأصبح بعد وفاة اليزابيث جيمس الأول ملك

إنجلتــرا)، الذي جاء في زيارة لإســكندنافيا ليتزوج آن، إحدى بنات الملك كرســتيان، وتوافق الاثنان جيدا، ومنح جيمس تيشــو حق إصدار كتبه في اســكوتلاندا لمدة ثلاثين عاما، ولكن زائرين آخريــن لم يكونوا على القدر نفسه، وبدا واضحا أن تيشو لا يريد أن يقنع دائما بدور كلب الاستعراض. لذلك عمد إلى إثارة ضيق العديدين من أصحاب النبالة باتباعه أســاليبه الســابقة إزاء الزائرين ممن لا يصادفون هواه، ومن أســاليبه هذه ازدراء البروتوكول والسماح لزوجته وضيعة المنبت بأن تحتل مكان ضيف الشرف على المائدة، وعلى الرغم من أننا لا نعرف جميع الأسباب، فإنه من الواضح أن تيشــو بدأ منذ 1591 يشــعر بالامتعاض مــن الترتيبات المقررة له في عملــه على جزيرة هفين، ونرى هذا واضحا من رســالة كتبها لصديق له، والتي يشــير فيها إلى أن ثمة عقبات بغيضة أمام عمله، وأنه يتمنى حسم الأمــر، وعقــب قائلا: «أي أرض أخــرى هي بلدة المرء الجســور، كما أن السماء رحبة في كل الآفاق» (*)، وتشاجر تيشو أيضا مع بعض المستأجرين لأراضيه في البر الرئيسي للدنمارك وتورط في مشكلة مع المجلس الحاكم بســبب إهماله أعمال صيانة الكنيســة التي تمثل جزءا من ضياعه، ولكن يبدو أن أيا من هذه المشكلات لم تكن لتؤثر في نشاطه الخاص بالأرصاد، وتضمنــت أعمال الأرصــاد قائمة كبرى بمواقع النجــوم الثوابت التي بلغ عددها، على حد قوله، ألف نجم العام 1595، على الرغم من أن المنشــور عمليــا في المجلد الأول مــن كتابه Progymnasmata الذي أشــرف على تحريره كيبلر هو 777 من أفضل المواقع.

وبعد عام جرى تتويج الملك كرستيان الرابع، وسرعان ما بدأ يعمل على أن يكــون له حضور مؤثر وواضح، ورأى كرســتيان أن ثمة حاجة للالتزام بالمنهــج الاقتصــادي فــي كل مجال من مجالات نشــاط الدولــة، واتخذ إجــراءات عديدة من بينها أن يســحب فورا الإقطاعيات الموجودة في البر الرئيســي التي منحها فريدريك الثاني لتيشو، وإلغاء نظارته عليها، وكان أكثر أصدقاء تيشــو في البلاط أصبحوا الآن في عداد المتوفين (وتيشــو نفســه في الخمســين من العمر)، ولذلك كان الملك على صواب إذ رأى أن

(*) الاقتباس من Dreyer. ويشــتمل هذا على اقتباســات أخرى مأخوذة من المصدر نفسه ما لم نشر إلى ذلك تحديدا.

الأمور كلها يمكن أن تسير على نحو مميز، وبميزانية مخفضة جدا في يورانيبورغ التي شيدت منذ زمن طويل وتجري إدارتها على نحو سلس، ولكن تيشو اعتاد على التدليل، ورأى أن خفضا في دخله يمثل إهانة له بل ويمثل خطرا على عمله، ورأى أيضا أنه إذا لم يكن في وسعه الحفاظ على يورانيبورغ عند المستوى الذي يريده لها مع كثير من المساعدين وآلات الطباعة وماكينات صناعة الورق وكل ما عدا ذلك فإنه سيتوقف تماما.

وطفح الكيل في مارس 1597، عندما خفض الملك المعاش السنوي الممنوع لتيشو، وعلى الرغم من أن تيشو لايزال ثريا بأمواله هو، فإنه رأى أن هذه هي القشة التي قصمت ظهر البعير، ووضع خطة فورية للرحيل، وغادر الجزيرة في أبريل 1597، وقضى بضعة أشهر في كوبنهاغن قبل الشروع في أسفاره، فقصد أولا روستوك، مصحوبا ببطانة تضم نحو عشرين شخصا (طلابا ومساعدين وغيرهم)، ومعه أهم أدواته من المنقولات ومطبعته.

ويبدو أن تيشو راجع نفسه هناك وكتب ما اعتبره رسالة مصالحة إلى الملك كرستيان، والتي قال فيها (من بين أمور أخرى كثيرة) إنه لو تهيأت له فرصة الاستمرار ومواصلة عمله في الدنمارك فإنه «لن يرفض»، بيد أن هذه الرسالة وحدها جعلت الموقف أسوأ مما كان، اغتاظ كرستيان من نبرة تيشو المتعالية وأسلوبه في التعامل مع الملك كأنه ند له، ويكفي على الأقل هذه العبارة المتشامخة التي تفيد ضمنا بأن تيشو ربما يرفض طلبا ملكيا، وقال له: «إنه يسوؤنا أنك تلتمس المساعدة من أمراء غيرنا، كأننا نحن أو المملكة نعاني فقرا شديدا بحيث نعجز عن الوفاء بأعمالك ما لم تتركنا وزوجك وأطفالك للتسول من الآخرين، أما وقد انتهى الأمر على هذا النحو، فإننا نرفع أيدينا، ولن نشق على أنفسنا سواء غادرت بلادنا أو بقيت فيها»، وأري لزاما أن أسلم هنا بتعاطفي مع كرستيان على غير ما يستحق عادة، وحري أن تدرك أن أي شخص أقل غطرسة من تيشو كان في وسعه الحصول على مبتغاه للإقامة من الملك من دون أن يترك جزيرة هفين، ولكن الطبيعي أن شخصا أقل غطرسة من تيشو كان لا بد أن احتفظ بأنفه سليما، ولم يكن ليصبح أيضا عالم فلك هو الأول من حيث المكانة.

باحتراق جميع مراكب تيشـو، سـافر إلى واندسبيك، قرب هامبورغ، حيث استأنف برنامج الرصد (إذ كانت السماء حقا مفتوحة الأفق أمامه في كل مكان) بينما بحث عن مقر جديد دائم لعمله، وأفضى هذا إلى تلقيه دعوة من إمبراطور روما المقدس ردولف الثاني، وهو رجل يهتم بالعلم والفن أكثر من اهتمامه بالسياسة، وكان هذا شيئا جيدا بالنسبة إلى تيشو ولكنه سيئ لأغلب وسط أوروبا، ذلك لأن عهد ردولف أفضى جزئيا بسبب ضعف قدراته السياسية (حتى أن بعض المؤرخين يرى أنه كان مجنونا بالفعل) إلى حرب الثلاثين عاما، وصل تيشو إلى براغ عاصمة الإمبراطورية في يونيو 1599 (وقد ترك أسرته في درسدن)، وبعد لقاء مع الإمبراطور عُين في منصب عالم رياضيات الإمبراطورية، وحصل على منحة دخل جيد، كما عرضوا عليه ثلاث قلاع ليختار من بينها القلعة التي يقيم فيها مرصده، واختار تيشو بيناتكي، التي تقع على بعد 35كم إلى شمال شرقي براغ، وغادر المدينة وفي نفسه بعض من الشعور بالراحة، وثمة رواية معاصرة تصف أسوار المدينة بأنها:

> ليست قوية، وباستثناء الروائح الكريهة التي تملأ الطرقات وتصد عنها الأتراك، هناك أمل ضعيف في تقويتها، الطرقات قذرة، تعج بأسواق كثيرة متنوعة، وبعض المباني مبنية بحجر رملي، ولكن الأغلبية بالخشب والطين، من دون أي مسحة جمالية أو فنية تغطيها، وجدرانها من أشجار كاملة على حالها كما جيء بها من الغابة، ومغطاة بلحاء الشجر بطريقة فجة قبيحة من جميع النواحي.

فارق السماء والأرض من حيث الهدوء والراحة في يورانيبورغ. ومن ثم لا غرابة أن تيشو قرب نهاية 1599 قضى أسابيع عديدة داخل مقر إقامة إمبراطوري معزولا عن الريف لكي يتجنب هجمة وباء الطاعون، وبعد زوال الخطر ووصول أسرته من درسدن عاد تيشو ليستقر في القلعة، وأرسل ابنه الأكبر إلى الدنمارك لإحضار أربعة أجهزة رصد ضخمة من هفين، واستغرق إحضار الأجهزة إلى بيناتكي زمنا طويلا، وكان لا بد من تجهيز القلعة لكي تكون ملائمة للمرصد، وكم هو غريب حقا أن تيشو وقد أصبح

في الخمسينيات من عمره لم يجر أي عملية رصد مهمة هنا خلال الفترة القصيـــرة التي عاشـــها قبل أن توافيه المنية، ولكنه قبـــل وصوله إلى براغ أجرى اتصالات بالمراسلة بهدف ضمان الإفادة على أحسن وجه بإنجازات عمره على يدي أفضل أبناء الجيل الثاني من الفلكيين وهو يوهانس كيبلر.

يوهانس كيبلر: مساعد تيشو ووريثه

لا يملـــك كيبلـــر مزايا الحســـب والميلاد التي هيأت لتيشـــو انطلاقة متقدمة في حياته، وعلى الرغم من أنه ســـليل أسرة كان لها نسب يوما ما بالنبالة، وارتدت لباس الفرســـان، فإن سيبالد كيبلر، جد يوهانس، صانع ملابس من فراء، وانتقل من بلدته نورمبرغ إلى ويل در ستاد، غير البعيدة عن شـــتوتغارت في الجـــزء الجنوبي من ألمانيا، في العـــام 1520 تقريبا، ولقد كان ســـيبالد صانعا ناجحا وســـطع نجمه في المجتمع، وعمل لفترة عمدة لبلدته، ولم يكن هذا بالإنجاز البسيط، نظرا لأنه كان لوثري المذهب ويعيـــش في بلـــدة يهيمن علىهـــا الكاثوليك، وواضح أن ســـيبالد اتصف بالجـــد والمثابرة في عمله مثلما كان عمادا لمجتمعه المحلي، وليس يســـيرا أن نقول الشـــيء نفســـه عن أكبر أبنائه هينريتش كيبلر الذي كان مسرفا مضياعا مدمنا للشراب، وكانت وظيفته الوحيدة الدائمة هي العمل جنديا مرتزقـــا في خدمة أي أمير بحاجة إلى اســـتئجار جند، وتزوج وهو صغير الســـن بامرأة تدعى كاترين، واقتســـم الاثنان بيتا يضم عديدين من إخوة هينريتش الصغار، ولم تكن زيجة ناجحة، إذ علاوة على أخطاء وســـلبيات هينريتش، كانت كاترين ذاتهـــا لجوجة كثيرة المجادلة ومن الصعب العيش معها، فضلا عن إيمانها القوي بقوى الشـــفاء المميزة للعلاجات الشـــعبية، ومن بينها الأعشـــاب وما شـــابه ذلك - وهذا اعتقاد شائع يقينا في ذلك الوقت، ولكنه أســـهم في الزج بها إلى الســـجن فيما بعد واتهامها بالسحر مما أصاب يوهانس بحزن شـــديد، وعـــاش يوهانس حياة مضطربة جدا، كمـــا عاش طفولته وحيدا (إذ إن أخاه الوحيد كرســـتوف أصغر منه ســـنا بكثير)، ولد يوهانس في 27 ديسمبر 1571، وما كاد يبلغ الثانية من عمره حتى ذهب والده للمشاركة في القتال الدائر في هولندا، وتبعته كاترين في

إثــره، وتركوا الطفل في رعاية جده، وعــاد هنريتش وكاترين العام 1576 وانتقلوا بالأســرة إلى ليونبرغ في دوقيــة فورتمبرغ، ولكن هينريتش خرج العام 1577، للمشــاركة في الحرب ثانية، وعنــد عودته حاول أن يجرب حظه في أعمال متنوعة من بينها عمل هو الأفضل لمدمن شــريب، إذ عمل فــي 1577 في إدارة حانة في بلدة المندنغــن هذه المرة، ولا غرابة في أنه فقد كل أمواله. وانتهى الأمر بأن سعى هينريتش ليجرب حظه ثانية للعمل جنديا مرتزقا واختفى عن أســرته تماما، وغير معروف مصيره عن يقين، علــى الرغم من أنه ربما شــارك في معركة بحرية فــي إيطاليا؛ وأيا كان الأمر، فإن أسرته لم تره أبدا بعد ذلك.

ووســط كل هــذا الاضطراب والفوضى، تلطــم يوهانس من بيت إلى بيت ومن مدرســة إلى أخرى (إذ كانت أسرته.. لاتزال عند مستوى ملائم في الســلم الاجتماعي بما يســمح له بالذهاب إلى المدرســة، فضلا عن إعانــة خصصها دوقــات فورتمبرغ في صورة منح دراســية)، ويبدو وكأن هذه المآســي وحدها غير كافيــة، إذ مرض بالجدري وهو مقيم عند جده، وأدى المرض إلى الإضرار ببصره طوال حياته، وهذا هو السبب في أنه لم يصبح راصدا للسماء شأن تيشو، ولكن المخ لم يصبه سوء، وعلى الرغم من أنه تأخر كثيرا بســبب اضطراره تغيير المدارس مع انتقال أسرته من بلدة إلى أخرى، غير أنه وهو في الســابعة من العمر أجيز له الالتحاق بمدرسة من المدارس اللاتينية الجديدة في ليونبرغ. بدأ تأسيس هذه المدارس بعد حركة الإصلاح بهدف أساســي وهو إعداد الناس للخدمة في الكنيسة، أو للخدمة فــي إدارة الدولة، والمعروف أن اللاتينية وحدها كانت لغة التعليم في المدارس لتثقيف وتعليم التلاميذ بلغة أهل العلم في ذلك العصر، وعلى الرغم من كل المعوقات التي صادفته، استطاع يوهانس خلال خمس سنوات إكمال مقررات دراســية كانت تحتاج إلى ثلاث ســنوات - ولكنه باعتباره خريــج مدرســة لاتينية أصبح من حقــه إجراء امتحان يؤهلــه للالتحاق بمدرســة للاهوت والتدرب على الخدمة الكنســية كقسيس، باعتبار هذا هو الطريق الواضح والتقليدي للخروج من دائرة الفقر ومن حياة الشــقاء والكدح بالنسبة إلى أي شاب ذكي، ونعرف أن اهتمام كيبلر بالفلك بدأ وهو

طفل، عندما أبصر (في مناسبتين منفصلتين) مذنبا ساطعا (وهو المذنب نفسه الذي درسه تيشو العام 1577) وشاهد خسوفا للقمر، ولكن مع هذا يبدو أن مستقبله في الكنيسة كان مرسوما ومحددا بعد اجتيازه الامتحان العام 1584، وسمحت له السلطات بالالتحاق بمدرسة في أديلبرغ وهو في الثانية عشرة من العمر، ونجد للمرة الثانية أن لغة المدرسة هي اللاتينية التي أصبح كيبلر يجيدها بطلاقة.

وعلى الرغم من قسوة النظام المتبع في المدرسة، خاصة أن كيبلر كان فتى ضعيف الصحة دائم المرض، فإنه كشف عن مستقبل أكاديمي واعد، حتى أن الإدارة سرعان ما نقلته إلى مدرسة أعلى مستوى في مولبرون، وتعهده أساتذته لإعداده للالتحاق بجامعة توبنغن ليكمل دراساته في اللاهوت، واجتاز امتحان الالتحاق بالجامعة في 1588، ثم كان عليه استكمال سنة نهائية في مولبرون، قبل أن يأخذ مكانه بالجامعة وهو في السابعة عشرة من العمر، كان هدف التدريب هو أن يصبح كيبلر قسيسا، غير أن المقررات الدراسية التي كان على كيبلر المواظبة عليها خلال العامين الأولين بجامعة توبنغن اشتملت على الرياضيات والفيزياء والفلك، وهي مواد دراسة أبدى فيها تميزا واضحا، وتخرج في هذا الجانب من الدراسة العام 1591، وكان ترتيبه الثاني بين أربعة عشر، وانتقل إلى دراساته اللاهوتية، حيث وصفه معلموه بأنه طالب استثنائي.

وعلى مدى الطريق تعلم أيضا شيئا غير وارد في المقرر الدراسي الرسمي، اعتاد أستاذ الرياضيات في الجامعة، ويدعي ميشيل مايستلين، العمل بدأب، وأن يدرس لطلابه في الهواء الطلق منظومة بطليموس التي تحظى بموافقة الكنيسة الإصلاحية، ولكن مايستلين عمد أيضا وبشكل خاص سري أن يشرح منظومة كوبرنيكس لمجموعة منتقاة من تلامذته الواعدين، ومن بينهم كيبلر، وأثر هذا تأثيرا واضحا وعميقا في الفتي الذي اكتشف فورا قوة وبساطة نموذج مركزية الشمس للكون، ولكن كيبلر لم يحد عن التعاليم اللوثرية الصارمة في عهده لمجرد استعداده لقبول نموذج كوبرنيكس، إذ كانت لديه شكوك خطيرة وأساسية إزاء الدلالة الدينية لبعض الطقوس الكنسية، وعلى الرغم من إيمانه الراسخ بوجود

إله، فإنه لم ير أي معنى في تعاليم وطقوس الكنيسة الرسمية، ولذا دأب على ممارسة فروض العبادات بطريقته الخاصة - وهو ما يعتبر موقفا خطرا في تلك الأيام المشحونة بالفوضى والاضطرابات.

وليس أمامنا من سبيل لكي نعرف كيف وفق كيبلر بين معتقداته ودوره كرجل دين لوثري، ذلك لأنه في العام 1594، وهو العام الذي كان من المقرر أن يكمل فيه دراساته اللاهوتية، تغيرت حياته بسبب حالة وفاة في مدينة غراتس البعيدة في النمسا، إذ على الرغم من بعد الشقة، غير أن بلدة غراتس كانت بها مدرسة لاهوت حافظت على روابط أكاديمية وثيقة مع جامعة توبنغن، وحدث أن توفي أستاذ الرياضيات بها، وبدا طبيعيا للسلطات المعنية أن تطلب من جامعة توبنجن أن تقترح عليها بديلا، وأوصت السلطات في توبنغن بأن يكون كيبلر هو البديل، وأحس كيبلر بالذهول عند عرض المنصب عليه في الوقت الذي يفكر فيه أن يبدأ حياته رجل دين، وعلى الرغم من إحجامه وتردده أول الأمر، غير أنه استسلم لمحاولات إقناع نفسه بأنه حقيقة هو أفضل من يشغل الوظيفة، وتم الاتفاق على أنه إذا ما أراد العودة فإن له أن يعود إلى الجامعة خلال عامين ليكمل تدريبه ويعمل قسيسا لوثريا.

وصل إلى غراتس في 11 أبريل العام 1594 أستاذ الرياضيات البالغ من العمر 22 عاما، وعلى الرغم من أنه لايزال داخل الإمبراطورية الرومانية المقدسة، فإنه اضطر إلى عبور حدود مهمة غير مرئية، من الدويلات الشمالية حيث السيطرة لكنائس الإصلاح إلى المنطقة الجنوبية حيث الهيمنة للنفوذ الكاثوليكي، بيد أن هذه الحدود غير المرئية كانت دائمة التغير نظرا إلى أن المعاهدة المعروفة باسم «سلم أوغسبرغ» قررت العام 1555 أن كل أمير (أو دوق أو أيا كان) له حرية أن يقرر الدين الملائم في حدود سلطاته. وكان هناك عشرات الأمراء يحكمون دويلات قائمة بذاتها داخل «الإمبراطورية»، ومن ثم فإن ديانة الدولة تتغير أحيانا حرفيا وبشكل كامل بين يوم وليلة عندما يموت أمير أو يطاح به ليحل محله أمير آخر له اقتناعات دينية مغايرة، ونجد بعض الأمراء متسامحين ويقبلون مبدأ حرية العبادة، بينما آخرون يصرون على إرغام جميع رعاياهم على التحول عن عقيدتهم إلى اللون الجديد أو

مصادرة أملاكهم، وكانت غراتس عاصمة دويلة تسمى ستيريا، وتخضع لحكم الأرشيدوق شارلز الذي عقد العزم على اتخاذ إجراءات صارمة ضد الحركة البروتستانتية، هذا على الرغم من أنه كانت هناك استثناءات وقت وصول كيبلر من مثل السماح لاستمرار مدرسة اللاهوت المقامة في غراتس.

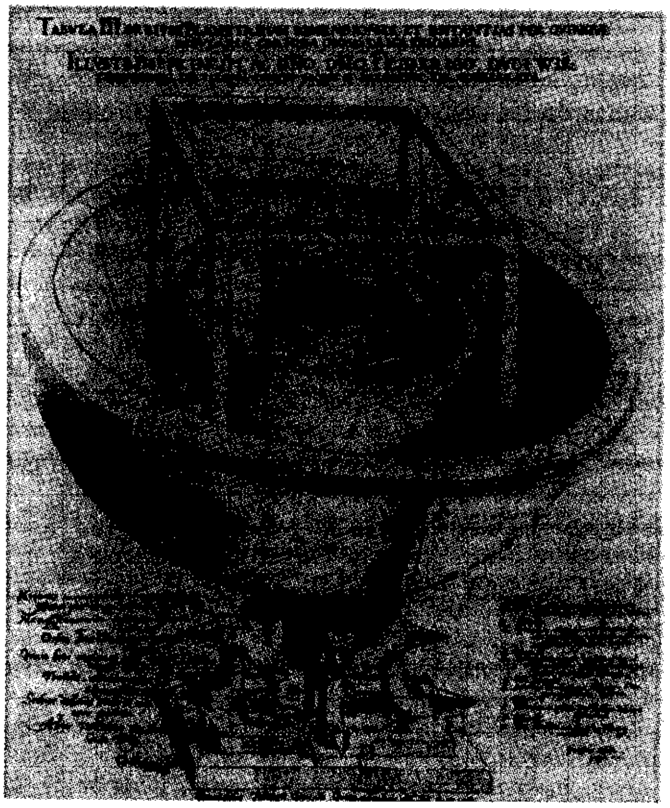
كان كيبلر رقيق الحال لا يملك موارد مالية من أسرته - إذ كانت نفقات دراسات الجامعة توفرها له منحة دراسية واضطر إلى اقتراض المال اللازم للإنفاق على رحلته إلى غراتس، ولم يتحسن موقفه عندما قررت سلطات مدرسة اللاهوت إدراج اسمه للحصول على راتب كل ثلاثة أشهر إلا بعد أن أثبت جدارته لذلك، ولم يكن أمامه من سبيل سوى طريق واحد للحصول على بعض المال، وليكون محبوبا لدى علية القوم في مجتمع غراتس - باستطلاع النجوم وما تنبئ به، اعتاد كيبلر طوال حياته الإفادة بالتنجيم كوسيلة لاستكمال دخله الذي لم يكن ليكفيه أبدا، ولكنه كان على وعي بأن العملية كلها هراء ووهم خالص، وبينما اكتسب خبرة في فن الحديث بتعميمات غامضة، وأن يقول للناس ما يحبون سماعه، أشار في رسائل خاصة له إلى عملائه بأنهم «مغفلون»، وإلى التنجيم بأنه «سخيف وفارغ»، ونجد خير مثال على مهارة كيبلر في هذا الفن الوضيع عندما طلب منه البعض إعداد تقويم سنوي لسنة 1595 متضمنا نبوءاته عن الأحداث المهمة على مدى العام كله، وتضمنت نبوءاته الناجحة وقوع مظاهر تمرد من جانب المزارعين في سيتريا، وكذا اقتحام الأتراك للنمسا من جانب الشرق وقت شتاء بارد، ويلاحظ أن مهارته في تغليف هذه النبوءات التي تدخل في باب الحس العام برطان تنجيمي غير مفهوم لم تسهم فقط في شهرته داخل غراتس، بل ساهمت في زيادة راتبه زيادة كثيرة ليصل إلى مستوى ملائم لمنصبه.

ولكن على الرغم من أن كيبلر ربما كان إيمانه بالخرافات أقل من كثيرين من لداته، فإنه كان لايزال ينزع بحكم توجهه الروحاني إلى أن يسميه الناس العالم الأول، وتأكد هذا بوضوح من خلال أول إسهاماته المهمة في الحوار الكوزمولوجي (الكون ونواميسه)، وهو الحوار الذي أدى إلى اتساع نطاق شهرته وتجاوزها لحدود سيتريا.

نموذج كيبلر الهندسي عن الكون

عجز كيبلر تماما عن أن يشتغل على نحو فاعل ومؤثر برصد السماء بسبب بصره الكليل، ولم تتيسر له في غراتس المعلومات والبيانات الخاصة بالأرصاد. لذلك لم يجد أمامه من سبيل إلا أن يقتفي أثر القدماء لإعمال ذهنه مستعينا بالعقل الخالص والخيال لمحاولة صوغ تفسير لطبيعة الكوزموس (الكون ونواميسه)، وكان السؤال الذي يؤرقه وقتذاك هو لماذا كان لا بد من وجود ستة كواكب، وستة فقط، في الكون، مع افتراض صواب ما ذهب إليه كوبرنيكس بأن الأرض ذاتها كوكب، وبعد حيرة استبدت بكيبلر لبعض الوقت، مضت في ذهنه فكرة تقضي بأن عدد الكواكب ربما يكون مرتبطا بعدد الأشكال المجسمة التي يمكن تكوينها وفق هندسة إقليدس، نحن جميعا نعرف المكعب الذي له ستة أسطح مربعة متماثلة، والمجسمات الست الأخرى المعروفة هي: مجسم رباعي السطوح، والمؤلف من أربعة أسطح مثلثية الشكل، والمجسم ذو الاثني عشر وجها، المؤلف من اثني عشر مخمسا متماثلا، والمجسم ذو العشرين وجها منتظما (شكل أكثر تعقدا ذو عشرين وجها، ومؤلف من وجوه مثلثية متماثلة)، ثم المجسم ثماني السطوح (مؤلف من ثماني مثلثات).

والفكرة الذكية للغاية التي وردت إلى ذهن كيبلر هي إدخال هذه الأشكال (المتخيلة) بعضها في بعض بحيث تكون في كل حالة زوايا الشكل المجسم الداخلي ملامسة لسطح النطاق المجسم التالي الخارجي داخل الشبكة، وهكذا توافرت خمسة مجسمات إقليدية للعمل بها، ومجال داخل المجسم الباطني في العمق في الداخل مثلما يوجد مجال خارج المجسم الخارجي الأول، وبذا يكون معنا ستة مجالات - واحد لكل مدار من مدارات الكواكب، ووضع كيبلر المجسم ثماني السطوح في الوسط ليحيط بالشمس ويطوق مجالا به مدار عطارد، ثم بعده وفي عقبه المجسم ذو العشرين وجها فالمجسم ذو الاثني عشر وجها والمجسم رباعي السطوح، وأخيرا المكعب، وحصل بذلك على فاصل بين المجالات المتوازية بحيث يكون الوضع إلى حد ما متطابقا للمسافات الفاصلة بين مدارات الكواكب حول الشمس.



كتاب كيبلر «سر الكون» 1596
8 - نموذج كيبلر عن الكون ممثلا في سلسلة من الأشكال الهندسية المتداخلة من
Kepler's "Mysterium Cosmographicum" 1596

لم يكن تطابق الصورة هنا سوى تطابق تقريبي لا أكثر، فضلا عن أنه ينبني على أساس من عقيدة روحانية ترى أن السماء بالضرورة تحكمها الهندسة، وليس أي شيء آخر من قبيل ما نسميه الآن العلم، وانهار النموذج على الفور بعد أن أوضح كيبلر نفسه أن مدارات الكواكب إهليليجية، أي بيضاوية الشكل، أشبه بدائرة ممطوطة، ونحن على أي حال نعرف الآن أن هناك أكثر من خمسة كواكب، ومن ثم فإن الهندسة لا يمكن تطبيقها بقواعدها، ولكن حينما واتت الفكرة كيبلر في أواخر العام 1595، بدت له وكأنها وحي إلهي - ويا للمفارقة أنه مع المزاوجة بنموذج كوبرنيكس الذي يقرر أن الأرض مركز الكون، أصبحت فكرة كيبلر تمثل تحديا للتعاليم اللوثرية وهو لايزال لوثري المذهب، وإن كان من نوع مغاير.

قضى كيبلر شتاء 1596/1595 عاكفا على فكرته بالتفصيل، مع دوام التراسل بشأنها مع معلمه السابق ميشيل مايستلن، وحصل في 1596 على

منحه إجازة من المهام التعلمية لزيارة جديه المريضين، ومن ثم واتته فرصة للاتصال المباشر مع مايستلن في توبنغن، شجع مايستلن كيبلر على تطوير أفكاره وإثباتها في كتاب وأشرف على طباعة الكتاب الذي صدر العام 1597، بعد عودة كيبلر بزمن وجيز لاستئناف عمله في غراتس (وعلى الرغم من تأخره بعض الوقت، إلا أنه جاء مصحوبا بهالات المجد بسبب نموذجه الذي اشتهر على نطاق واسع)، ويعرف الكتاب عادة بالعنوان التالي Mysterium Cosmographicum «سر الكون»، واشتمل على فكرة إذا نظرنا إليها الآن نجدها أهم من نموذج الأجسام المجسمة المتداخلة التي عرضها، واستعان كيبلر بنتائج أرصاد كوبرنيكس ورأيه أن الكواكب تتحرك في مداراتها بسرعة أبطأ كلما ابتعدت عن الشمس، وذهب إلى أنها تواصل حركتها في مداراتها بفعل قوة (سماها قدرة أو طاقة Vigour) تصلها من الشمس، وتدفعها إلى أمام، وأكد أن هذه القدرة أو الطاقة تصبح أقل قدرة (إن جاز التعبير) كلما كانت أبعد عن الشمس وتكون لديها القدرة فقط لدفع الكواكب الأبعد مسافة ببطء أكثر، وحفزته إلى هذه الفكرة جزئيا أعمال وليام غيلبرت عن المغناطيسية (سنعرف جانبا تفصيليا عن هذا في الفصل التالي)، وتمثل فكرته هذه خطوة مهمة إلى الأمام لأنها أوحت بأن ثمة سببا فيزيقيا لحركة الكواكب، خاصة إذا عرفنا أن أفضل الأفكار في السابق التي حدثنا عنها أي فلكي هي أن الكواكب تدفعها في حركتها الملائكة، وقال كيبلر «هدفي... أن أبين أن ماكينة الكون ليست مثل كائن يحيا ويتحرك بقوة غيبية بل إنها مثل الساعة» (*).

وأرسل كيبلر نسخا من كتابه إلى الغالبية من أبرز مفكري عصره بمن فيهم غاليليو (الذي لم يكلف نفسه مشقة الرد، وإن ذكر النموذج الجديد في محاضراته) وكذلك تيشو، وهو أمر له دلالة مهمة، وقد كان تيشو آنذاك مقيما في ألمانيا، ورد تيشو على كيبلر برؤية نقدية، تفصيلية لعمله، كما أبدي إعجابه الشديد بمهارة المؤلف الرياضية، على الرغم من أن فكرة أن الشمس مركز الكون كانت لاتزال فكرة بغيضة على نفسه، وتجلى إعجاب تيشو في اقتراحه بأن كيبلر بوسعه أن يحرص على الالتحاق بفريق المساعدين المحيطين بالرجل العجوز، وسرعان ما أكدت الدعوة أنها فرصة مناسبة لأقصى حد.

(*) الاقتباس عن Shapin.

تزوج كيبلر باربارا موللر في أبريل 1597، وهي أرملة شـــابة ابنة تاجر ثري، وعلى الرغم من أن حاجته إلى الشعور بالأمان المالي كانت أحد عوامل هذه الزيجة، فإن كل شيء كان على ما يرام أول الأمر، وقد أصبح كيبلر الآن صاحب راتب كبير، مستمتعا بحياة بيتية سعيدة، ولكن توفي له طفلان وهما في سن الرضاعة (وإن بقي له ثلاثة آخرون)، وبدأت أسرة باربارا تشعر بأن الابنــة تزوجت من هو دون مكانتها الاجتماعية، ولذا منعت عنها المال الذي تســتحقه، فاعتمدت حياة الأسرة على راتب كيبلر كمعلم (وهو راتب كامل) مما جعل الحياة أكثر صعوبة مما كانت وهي ابنة تاجر ناجح، وظهرت فجأة مشــكلة أخرى نتيجة شغف كيبلر بتعزيز شــهرته عن طريق الارتباط بغيره من علماء الرياضيات ليتناقش معهم في أفكاره، بعث برسالة إلى ريماروس أورسوس، الرياضي الإمبراطوري وقتذاك، يلتمس رأيه في أعماله، وامتدح في الرســالة أورسوس بكلام فيه تزلف، إذ وصفه بأعظم رياضيي العصور، ولم يكلف أورســوس نفسه مشــقة الرد، بل أخرج كلمات المديح التي قالها كيبلر من ســياقها، ونشــرها باعتبارها مســاندة وتأييدا لبعض أعماله هو نفســه - والتي تصــادف أنها تنطوي على انتقاد لتيشــو، واقتضى هذا من كيبلر مواصلة رســائل التزم فيها اللباقة زمنا حتى تسنت له تهدئة مشاعر تيشــو الغاضبة، ومن ثم استعادة العلاقات الودية مع العالم الفلكي العظيم، وتطلــع كيبلــر أكثر فأكثر لأن تحــين فرصة للتعاون مع تيشــو الذي يملك الآن ثروة خيالية من معلومات الأرصاد، ومن ثم يمكنه اختبار أفكاره بشــأن مدارات الكواكب مستخدما هذه الأرقام الدقيقة عن حركة الكواكب.

في ذلك الوقت، تدهور الوضع السياسي في ستيريا، إذ أصبح الأرشيدوق فرديناند الكاثوليكي المخلص، حاكما لأستيريا في ديسمبر 1596. سعى أول الأمــر إلى التحول تدريجيا في طريق الإصــلاح (أو الإصلاح المضاد) لتكون الدولة أكثر اتساقا مع هواه، ولكن بعد بضعة شهور ضاق المجتمع البروتستانتي بالتغيــرات التي طرأت علــى الضرائب، والتي تمثل محابــاة للكاثوليك على حســابهم، علاوة على «إصلاحات» أخرى، وتقدموا بقائمة رسمية بالشكاوى بشــأن المعاملة التي يتلقونها في ظل نظام الحكم الجديد، وكانت هذه غلطة كبرى - وربما هي عين الاســتجابة التي أرادهــا منهم فرديناند، حتى يصور

البروتســـتانت وكأنهم مثيرو مشكلات ومتاعب، زار فرديناند إيطاليا في ربيع 1598، والتقى البابا وزار الأماكن المقدســـة، وعاد بعد ذلك عاقدا العزم على محو النفوذ البروتســـتانتي في ســـيتريا، وأصدر في ســـبتمبر مرسوما يأمر فيـــه جميع المعلمين ورجال اللاهوت البروتســـتانت بأن يغادروا الولاية خلال أســـبوعين، أو أن يتحولـــوا إلى الكاثوليكية، ولم يكن أمامهم من خيار ســـوى الانصيـــاع، وكان كيبلـــر ضمن جمهرة اللوثريين المطروديـــن الذين لجأوا إلى الدويلات المجاورة - على الرغم من أن أكثرهم تركوا زوجاتهم وأســـرهم على أمل الســـماح لهم بالعـــودة ثانية، ولكن كيبلر وحـــده دون جموع اللاجئين من غراتس هو الذي ســـمحت له الســـلطات بالعودة خلال شـــهر، لأسباب غير واضحة تماما ولكن ربما بسبب تزايد مكانته سموا كعالم رياضي، وأصبح في نهايـــة الأمر عالم رياضيات المقاطعة، عـــلاوة على منصبه التعليمي، وطبيعي أن منصبه الجديد يســـتلزم من صاحبه العيش فـــي غراتس (ومع هذا، فقد كان بإمكان الأرشـــيدوق أن يعزله ببســـاطة ويعين آخر بدلا عنه ليكون عالم رياضيـــات المقاطعـــة)، وأصبحت ظـــروف حياة كيبلر بذلك قاســـية، وتفاقم الوضع مع وفاة ابنته الطفلة، وتجنب حضور شـــعائر صلاة الوفاة، ولم يسمح له بدفن الطفلة إلا بعد دفع غرامة نظير تركه للشعائر.

وفـــي العام 1599، وبينمـــا الوضع في غراتس آخذ في التشـــدد وعدم التســـامح مع كيبلر، كان تيشو تترسخ قدماه قرب براغ على بعد نحو320 كم، حيث الناس يمارســـون عبادتهم بحرية كما يشـــاءون، وفي يناير العام 1600 ظهرت بوادر عرض من شـــأنه أن يغير حياة كيبلر، إذ إن أحد نبلاء ســـتيريا، ويدعـــى البارون هوفمـــان، وقد كان معجبا جدا بأعمـــال كيبلر ويحبه كعالم رياضيات، يعمل مستشـــارا للإمبراطور رودولف الثاني، وســـبق له أن التقى تيشو، وكان البارون بصدد السفر إلى براغ لإنجاز عمل يخص البلاط وعرض أن يصحب كيبلر معه ويقدمه لتيشـــو، والنتيجة أن تم أول لقاء بين الرجلين، والذي شـــهد وضع أسس لدراســـة الفلك كعلم، وذلك في بيناتكي كاستل، في الرابع من فبراير 1600. كان تيشو وقتذاك في الثالثة والخمسين من العمر، وكيبلر في الثامنة والعشـــرين، وتتوافر لدى تيشـــو أعظم كمية من المعلومات الفلكيـــة الدقيقة التي جمعها طـــوال حياته، ولكنه بات متعبا وبحاجة إلى من

يســاعده في تحليل المادة، ولم يكن لدى كيبلر سوى قدراته الرياضية، وشغفه لفك طلاســم الكون، وبدا الأمر وكأنه لقاء أعدته الســماء، ولكن لاتزال ثمة عوائــق يتعين التغلب علىها قبل أن يتمكن كيبلــر من تحقيق الاختراق الذي جعل منه الشخصية الرئيسية في تاريخ العلم.

عــزم كيبلر على القيام بزيارة قصيرة لتيشــو فــي ذلك الوقت (وكان قد ترك زوجته وابنتها في غراتس ولم يقدم اســتقالة من منصبه هناك)، غير أن الزيارة القصيــرة تحولت إلى إقامة ممتدة، كان كيبلر الذي يعاني الفقر في حاجة ماســة إلى منصب رســمي يدر علــيه دخلا كافيا يمكنه من العمل مع تيشــو، وكان بالمثل أيضا في مســيس الحاجة إلى الإحاطة بالمعلومات التي تجمعت لدى تيشــو ويضن بهــا إلا في حدود ضيقة وفي صــورة معلومات محدودة، حذرا من أن يســلم حصاد حياته ليتصرف فيه غريب بحرية كاملة، ولكن بطانة تيشــو، وهي كثيرة العدد، وكذلك أعمال البناء التي تجري على قدم وساق في القلعة لتحويلها إلى مرصد جعلت من العســير على كيبلر أن يستقر للعمل بأي حال من الأحوال، هذا فضلا عن أنه من دون أن يقصد أثار غضب كبير مســاعدي تيشــو الذي كان يناضل لحل مشــكلة تتعلق بحساب مدار المريخ، وذلك بأن عرض عليه أداء المهمة نيابة عنه (وهو العرض الذي فسره كبير المساعدين بأنه تعبير عن غطرسة من جانب كيبلر، إذ يضع نفسه في موضع عالم الرياضيات الأكبر)، وأدرك كيبلر أن تيشــو لن يفرط في نســخة من المعلومات التي لديه بحيث يمكنه أن يأخذهــا معه للعمل علىها في البيت، وهو ما يعني أن التمكن من حل اللغز سوف يستغرق منه سنة أو أكثر، وهنا وضع كيبلر (الذي يدرك جيدا أن مهاراتــه الرياضية لا يدانيــه فيها أحد) قائمــة بمتطلباته إذا كان له البقــاء في القلعة، وأعطى كيبلر القائمة لصديق طالبا منه التوســط لدى تيشو - ولكن تيشو احتفظ بالقائمة واعترض على ما رآه مطالب تعبر عن غطرســة من جانب كيبلر، حتى على الرغم من أنه في الواقع تفاوض مع رودولف لتهيئة منصب رســمي لكيبلر. ولكن الأمور سارت رخاء بعد ذلك، حتى وصلت إلى حد أن تيشو عرض سداد نفقات انتقال كيبلر من غراتس، وأكد له أن الإمبراطور سوف يهيئ له سريعا منصبا براتب.

وفـي يونيو 1600 عاد كيبلر إلى غراتس ليحاول تسوية أموره هناك – ولكن ليواجه بإنذار نهائي من المسؤولين في المدينة الذين ضاقوا ذرعا بغيابه الطويل، وطلبوا إليه الذهاب إلى إيطاليا والدراسة لكي يصبح طبيبا، حتى يكون أكثر نفعا للمجتمع، وقبل أن يجد كيبلر الوقت اللازم لاتخاذ قراره تدهور الموقف الديني، مما حدد له طبيعة القرار، إذ في صيف العام 1600 كان مطلوبا من جميع مواطني غراتس الذين لم يتحولوا إلى الكاثوليكية بعد أن يتحولوا عن العقيدة فورا، وكان كيبلر واحدا من بين واحد وستين مواطنا من أبرز المواطنين الذين رفضوا الأمر، وفي الثاني من أغسطس فصلته السلطات من كل من الوظيفتين، مثله مثل الستين الآخرين، وأعطتهم مهلة لمغادرة الدولة خلال ستة أسابيع وثلاثة أيام، مع مصادرة جميع ممتلكاته الضئيلة، وبعث كيبلر برسالة إلى اثنين هما وحدهما من يملك معهما علاقة جيدة، وهما مايستلين وتيشو، يسألهما المساعدة، وجاء رد تيشو بعودة البريد مؤكدا له أن مفاوضاته مع الإمبراطور تسير سيرا حسنا، ويحث كيبلر على الحضور إلى براغ فورا، مصحوبا بأسرته ومعه كل المتاع المسموح له بحمله.

ووصلت الأسرة إلى مدينة براغ التي تفيض قذارة والمنافية لكل أسباب الصحة، وذلك في منتصف شهر أكتوبر، وأسكنهم البارون هوفمان خلال فصل الشتاء الذي عانى فيه يوهانس وباربارا من حمى شديدة، وسرعان ما بدأت نقودهم القليلة تتناقص سريعا، وظلت أسرة كيبلر حتى فبراير 1601 من دون أن يصدر أمر الإمبراطور بتعيين عائلها في منصب ما، ولذلك انتقلت الأسرة إلى مقر إقامة تيشو، حيث هيأ رودولف سكنا جديدا لعالم الفلك، وظلت العلاقة بين الاثنين قلقة، إذ استاء كيبلر لاعتماده على تيشو، واستاء تيشو لما لمسه من جحود من جانب كيبلر، ولكن تم في نهاية الأمر تقديم كيبلر رسميا للإمبراطور الذي عينه مساعدا رسميا لتيشو (بأجر مدفوع)، بغية تجميع طائفة جديدة من الجداول عن مواقع الكواكب التي كانت تسمى على شرف الإمبراطور جداول رودولفين.

وأخيرا انتظم وضع كيبلر الوظيفي، وإن ظل تيشو يقتر عليه فيما كان ييسره له من ثروته المعلوماتية، ويقدم عطاءه قطرة قطرة في حدود ما يراه يفي بحاجة كيبلر، بدلا من أن يسمح له بحرية التعامل معها، وبذا لم يكن

يسيرا وصفها علاقة وثيقة ودودة، ولكن في 13 أكتوبر أول مرض تيشو، وظل يهذي من الحمى عشـرة أيام في نوبات متتالية، وبات الموت وشـيكا، وسمعه المحيطـون به أكثر من مـرة أنه يأمل ألا تضيع حياته هبـاء، وعاد إلى وعيه فـي صباح 24 أكتوبر، وبينما تجمع حولـه أصغر أبنائه وتلامذته، وكذا نبيل سـويدي يعمل في خدمة ملك بولندا، بدا واضحا أنه على فراش الموت، هنا عهد تيشـو إلى كيبلر بمهمة اسـتكمال جداول ردولفين، كما أولاه مسـؤولية كنـوزه من المعلومات عـن الكواكب - ولكنه حثه على الإفـادة بالبيانات لكي يبرهن على صدق نموذج تيشو عن العالم، وليس نموذج كوبرنيكس.

بدا عقل تيشـو فـي اللحظة واعيا ورائقا تماما، ذلـك لأنه أدرك أنه علـى الرغم مـن اختلافات الرأي بينه وبين كيبلـر إلا أن كيبلر هو الأقدر رياضيا، دون جميع المحيطين به، فهو على الأرجح الشـخص الذي سيفيد على أحسن وجه بمعلومات تيشو، وبذا يؤكد أنه لم يعش عبثا. ووافته المنية فور أن فرغ من توريث جهد عمره للشـاب الواقف مذهولا، والذي كان منذ أسـابيع فقط لاجئا معدما، ولا بد أن كيبلر كان أكثر ذهولا بعد أسبوعين، عند تعيينه خلفا لتيشـو في منصب عالـم رياضيات الإمبراطور في بلاط ردولف الثاني، مع تحمل مسؤولية جميع أدوات تيشو وأعماله غير المنشورة، ويا له من فارق مذهل بين واقعه الآن وحياته الباكرة في ألمانيا، وعلى الرغم من أن حياته ظلت قلقة، وواجه كثيرا مشـكلات بشأن الحصول على راتبه كاملا الذي منحه إياه الإمبراطور، فإن كيبلر أصبح على أقل تقدير بوسعه وبعد طول انتظار امتلاك ناصية حل لغز حركة الكواكب.

واجـه كيبلر عوامل كثيرة أعاقت عمله على مدى سـنوات إقامته في براغ، إذ توالت باسـتمرار المصاعب المالية، علاوة على تدخل ورثة تيشـو الذين كانوا يتحرقون شـوقا لمشـاهدة جداول ردولفين ومنشـورات تيشو مطبوعة بعد وفاته (ولـو على الأقل للحصول على عائد مالي من الكتب) واسـتبد بهم القلق خشية أن يعمد كيبلر إلى تشـويه (وفق رأيهم) بيانات تيشـو بهدف إضفاء ثقة على أفكار كوبرنيكس؛ وكانت هناك أيضا مهامه كعالـم رياضيات الإمبراطور (بما يعني المنجم الخاص للإمبراطور)، الأمر الذي يستلزم منه أن يقضي وقتا طويلا في عمل يعرف هو جيدا أنه عمل

سخيف أبله لكي يشير على ردولف بما تعنيه نبوءات السماء من احتمالات الحــرب مع الأتراك أو الحصاد السـيئ أو تطور المشـكلات الدينية، إلى آخره، علاوة على هذا فإن الحسابات نفسها مجهدة جدا ويتعين مراجعتها مرات ومرات تحسـبا لأي سهو حسـابي - وثمة صفحات بقيت بعد وفاة كيبلر تبين العمليات الحسابية التي لا تنتهي ونري فيها إضباره تلو إضبارة مليئة بعمليات حسـابية عن مـدارات الكواكب، وهذا جهد لا نتصوره الآن في عصر آلات الجيب الحاسبة أو الحواسب المحمولة.

أفكار جديدة عن حركة الكواكب: قانونا كيبلر الأول والثاني

لا غرابة في أن كيبلر قضي سنوات لحل لغز مدار المريخ، متنقلا مرحلة بعـد مرحلة بعيدا عن فكرة المدار الدائري اسـتدارة كاملـة، والمتمركز حول الشـمس، حاول أول الأمر تجربة مدار معـادل (ولكن لا يزال دائريا)، بحيث يصبـح المريخ أقرب إلى الشـمس في أحد نصفي الدائـرة عنه في النصف الآخر - وأفاد هذا بدرجة ما لاكتشـاف أن المريخ يتحرك في أحد النصفين أسرع (وهو النصف الأقرب إلى الشمس)، ومع الوقت اتخذ كيبلر خطوة تبدو لنا واضحة الآن، ولكنها كانت مهمة جدا وقتذاك، إذ أجرى بعضا من حساباته مـن منظور مراقب يرصد المريخ وينظر إلى مدار الأرض - وهذه قفزة كبرى من حيث المفاهيم، وتمثل إرهاصا للفكرة القائلة إن جميع الحركات نسـبية، وبينمـا كان كيبلر لايزال يعمل على أسـاس اعتقاده بالمدار الدائري «مختلف المركـز»، توصل في العام 1602 إلى ما يعرف الآن بقانون كيبلر الثاني - بأن ثمة خطا افتراضيا يصل بين الشـمس وكوكب يدور في فلكه، وأن الشـمس تقطع مساحات متساوية في أوقات متساوية، وهذه طريقة محددة توضح أن الكوكب يكون أسـرع حركة كلما كان أقرب إلى الشمس، نظرا لأن خط نصف القطر الأقصر لا بد أن يمتد عبر زاوية أكبر ليشـمل المنطقة ذاتها التي يمتد على طولها خـط نصف القطر الأطول عند حركته عبـر زاوية أصغر، وبعد هذا الاكتشـاف فقط تحقق كيبلر (وبعد أن جـرب احتمالات أخري) من أن شكل المدار هو بالفعل شكل اهليليجي، وفي العام 1605 شغله عمل آخر غير هـذا العمل، وتوصل هنا إلى ما يعرف الآن بقانون كيبلر الأول، ويفيد بأن كل

كوكب يدور في مداره الإهليليجي حول الشـــمس حيث تحتل الشمس البؤرتين (البؤرة نفســـها لكل مـــن التصورين) للمدار الإهليليجـــي، وهكذا أطاح كيبلر بهذين القانونـــين بالحاجة إلى القول بفلك التدوير ونقاط التقابل وغير ذلك من تعقيدات اشـــتملت عليها النماذج السابقة عن الكون، بما في ذلك فكرته هو الغامضة عن المجسمات المتداخلة (وإن لم يقبل هو ذلك).

وعلى الرغم من ذيوع اكتشـــافات كيبلر، فإن الحـــوار الكامل لأفكاره لـــم يظهر مطبوعا إلا مع صدور كتابـــه Astronomica Nova «علم الفلك الجديد» العام 1609 - تأخر النشـــر بسبب مشكلات في الطباعة ونقص فـــي التمويل، ولكن صدور الكتاب لم يؤد فـــورا وكما هو متوقع إلى إطراء زملائه، ذلك لأن الناس لم تســـتهوهم فكرة المدارات الإهليليجية (وكم من ناس لا يزالون رافضين لفكرة أن الأرض ليست هي مركز الكون)، وطبيعي أن عالم الرياضيات الحاذق هو من يســـتطيع تقييـــم نموذج كيبلر ويدرك أنـــه ليس مجرد فكرة روحانية مغايرة (مثلها مثل المجســـمات المتداخلة أو نموذج تيشـــو)، وإنما هو نموذج مؤسس بشـــكل محكم على واقع مشاهد، ولا غرابة في الحقيقة ألا يحقق كيبلر مكانته الرفيعة التي يســـتحقها في عيون المؤرخين بعد أن اســـتخدم عالم رياضي، هو إســـحق نيوتن، قوانين كيبلـــر في ازدواج مع نظريته هو عن الجاذبية ليفســـر كيف تدور الكواكب في مدارات إهليليجية، وحقيقة الأمر أن كيبلر كان ذائع الصيت في عصره كمنجم أكثر منه عالم فلك، على الرغم من أن الفارق المميز بين الاثنين كان مبهما، وتأكد هذا بوضوح بفضل أحد جهوده التي شـــغلته حينا عن عمله فـــي مجال الكواكب، وحدث هذا الجهد الجانبي العام 1604، عندما ظهر في الســـماء نجم «جديد» آخر ساطع مثل المشـــتري، وذلك أثناء الصيف، وظـــل مرئيا للعين المجـــردة حتى العـــام 1606 ورأى الغالبية العظمى من الناس في هذا الحدث دلالة تنجيمية عظيمة الشـــأن، وأصبح لزاما على كيبلر أن يفســـر هذه الدلالة باعتبار هذا بعـــض واجباته كعالم رياضيات الإمبراطـــور، وعمد كيبلـــر بحصافة ولباقة إلى عـــدم رفض الحديث عن دلالات الحدث في تقريره إلى الإمبراطور، ولكنه بذل الجهد ليشـــير إلى أن النجم، وعلى الرغم من ســـطوعه الشـــديد، فلا بد أنه على بعد واحد

شـــأن النجوم الأخرى، وليس ظاهرة من الظواهر في المنطقة التي تشغلها الكواكب في الكون، ورأى، مثل تيشـــو من قبـــل أن النجم المتجدد الأعظم يقوض الفكرة الأرسطية القائلة بأن النجوم ثابتة وأبدية.

وليســـت كل الأعمال التي «شـــغلت» كيبلر عن جهده الأساسي بشأن الكواكـــب أعمال تعوزهـــا الدلالة العلمية القيمة، إذ إنـــه في العام 1604 أصدر أيضا كتابا في البصريات، واشتمل على دراسة تحليلية لكيفية عمل العين عن طريق انكســـار أشـــعة الضوء الداخلة إلى بؤبؤ العين لتمركزها فوق الشبكية، بحيث إن جميع الأشعة الصادرة عن نقطة واحدة على سطح جســـم مضيء تتمركز في نقطة واحدة على الشـــبكية، وأفاد بهذه الفكرة فيمـــا بعد ليوضح أن بعض الناس بصرهم كليـــل (واضح أن هذا موضوع قريب إلى قلبه) بسبب قصور في العين من شأنه أن يجعل الأشعة تتمركز في بؤرة إما أمام أو خلف الشـــبكية - واستطرد ليصف كيف أن النظارات تعمـــل علـــى تصحيح هذه العيـــوب، الأمر الذي لم يكـــن ليفهمه أحد في الســـابق على الرغم من أن النظارات كانت مســـتعملة على أساس تجريبي منذ أكثر من 300 ســـنة، وبعد أن اســـتخدم غاليليو التلسكوب في مجال الفلك، وذاعت أنباء اكتشـــافاته، طور كيبلر أفكاره عن البصريات، ليفسر كيف يعمل التلســـكوب، وهكذا نجد اهتماماته العلمية يمكن أن تكون ذات فائدة شاملة عمليا، وليست اهتمامات مقصورة على الأفلاك السماوية.

وشهدت الســـنوات التالية لحدث المتجدد الأعظم تدهورا في الوضع السياســـي والديني في وســـط أوروبا، حيث شـــكلت الجماعـــات الدينية المتنافسة التحالفات السياســـية التي تورطت فيما بعد في حرب الثلاثين عامـــا، وكان لهذا الصراع أهميته في تاريخ العلم، بالإضافة إلى أثره على بقية حياة كيبلر، ووضح ذلك لأن الاضطرابات التي وقعت في وسط أوروبا مقترنة بعمليات قهر الكنيســـة الكاثوليكية لأفكار غاليليو، أســـهمت على الأقـــل في التحقـــق من نمو الأفكار العلمية في المنطقـــة، وأكدت أن كمال ازدهار البذرة التي غرســـها كيبلر قد تجســـد في إنجلترا، حيث تأسست هناك (وعلى الرغم من الحرب الأهلية) بيئة أكاديمية أكثر استقرارا أمكن لعلماء من أمثال نيوتن أن ينجزوا فيها،

في 1608 انضمت دويلات بروتستانتية عديدة معا تحت اسم الاتحاد البروتستانتي، بينما شكل مناقشوهم في العام التالي ما عرف باسم العصبة الكاثوليكية، وكان ردولف حتى الآن شبه ناسك معتكف، مشغولا بكنوزه الفنية والسلوك الغريب بوضوح، إن لم يكن مجنونا تماما، ولم يكن حتى في أوقات السلم في وضع يسمح له بحكم الإمبراطورية الرومانية المقدسة على نحو إيجابي فعال (شأن أي إمبراطور حتى الآن ممن حكموا فعلا هذه المجموعة المتشرذمة من الدويلات)، وتبددت أمواله، وبات خالي الوفاض، وتبدد سلطانه الذي انتقل تدريجيا إلى يدي أخيه ماتياس الذي خلفه إمبراطورا بعد وفاة ردولف في العام 1612. وأدرك كيبلر منذ زمن اتجاه الرياح، والتمس لنفسه منصبا في جامعته القديمة توبنغن، ولكن السلطات المسؤولة رفضت طلبه بداية لأن معتقداته الدينية ليست صحيحة، وحدثت في الوقت نفسه قلاقل واضطرابات عمت البلاد. وفي 1611 مرضت بربارا بالصرع ومات أحد أطفالها مصابا بالجدري، واستبد به القلق والرغبة في مغادرة براغ قبل أن ينهار كل شيء سياسيا، وسافر كيبلر إلى لينز، حيث تقدم بطلب لشغل وظيفة عالم رياضي للمقاطعة، وقبل المسؤولون طلبه في يونيو، وعاد سريعا إلى براغ لاتخاذ التدابير اللازمة للانتقال، غير أنه وجد زوجته تعاني للمرة الثانية من مرض عضال. ماتت بسبب التيفوس بعد بضعة أيام من وصوله، استبد به الإحباط والقلق بشأن مستقبله، فتأخر كيبلر بعض الوقت في براغ إلى أن مات ردولف، وكم كانت دهشته هنا إذ أكد له متياس وضعه في منصب عالم رياضيات الإمبراطور، ومنحه راتبا سنويا (لن يرى كيبلر الكثير منه)، وأذن له بالذهاب إلى لينز وشغل المنصب هناك أيضا، وترك كيبلر من بقي من أطفاله في رعاية أصدقائه مؤقتا، وكان لايزال في الأربعين من العمر، وشرع في استئناف أسفاره ثانية.

واستمرت مشكلاته دون انقطاع حتى في لينز، كانت ستيريا خاضعة للقبضة القوية للكنيسة اللوثرية المتشددة، وكان كبير القساوسة من توبنغن ويعرف آراء كيبلر الأساسية، وسبق أن رفض السماح له بالتناول وتلقي القربان المقدس، مما أثار أسى عميقا في نفس كيبلر المتدين في أعماقه، ولكن على طريقته الخاصة، وأخفقت جميع المحاولات المتكررة لمناشدة السلطات

الكنسية حل الموقف، واستغرقت وقتا طويلا كان بإمكان كيبلر أن يخصصه لدراسة الكواكب، يضاف إلى هذا مهامه كعالم الرياضيات للمقاطعة، وسرعان ما تزوج بفتاة في الرابعة والعشرين من العمر، والتي أنجبت له ستة أطفال مات منهم ثلاثة وهم في سن الرضاعة، وشارك كيبلر في عمل ديني من نوع آخر مستخدما حالة خسوف القمر التي حدثت في عصر هيرود ليبين أن يسوع مولود فعلا في العام الخامس ق.م.، وشارك كذلك في عملية إصلاح التقويم السنوي (إذ في العام 1582 فقط طبق البابا غريغوري الثامن التقويم الحديث، وترددت دويلات بروتستانتية أوروبية في تطبيق هذا التغيير)، ولكن أهم حدث شغله عن عمله الرئيسي جاء في السنوات التالية لعام 1615، عندما اتهمت السلطات أم كيبلر بممارسة السحر، ولكي يدرك القارئ مدى خطورة مثل هذا الاتهام يكفي أن نقول إن ستة أشخاص اتهموا في هذا العام نفسه بالسحر وتم إحراقهم في ليونبرغ، وهي البلدة ذاتها التي تعيش فيها الأم الآن، وطبيعي أن هذا ليس بالموقف الذي يواجهه كيبلر باللامبالاة(*)، واضطر على مدى السنوات القليلة التالية إلى القيام بزيارات متكررة لبلدة ليونبرغ، وشارك في العديد من الالتماسات للسلطات دفاعا عن الأم، بينما خطر المحاكمة يتهددها، ولكن في أغسطس 1620 فقط انتهى الأمر بإلقاء القبض على المرأة وإيداعها السجن، وتمت محاكمتها بعد ذلك خلال العام نفسه وتبين للقضاة أن أدلة الإدانة غير كافية، وإن كانت تكفي لإثارة الشك، وبقيت في السجن حتى أكتوبر 1621، عندما تقرر أنها عانت بما فيه الكفاية، فأطلق سراحها، وتوفيت بعد ستة أشهر.

قانون كيبلر الثالث

يا لها من مفارقة، إذ في ضوء هذه المشكلات والقلاقل ذات الطبيعة الخاصة وحياته الشخصية القلقة بوجه عام، نجد أحد كتب كيبلر العظيمة التي صدرت أخيرا تحمل العنوان التال Harmonice Mundi «تناغم العالم». هذا بطبيعة الحال على الرغم من أنه يشير إلى عالم الكواكب وليس إلى عالم الأرض المضطرب، وعرض في هذا الكتاب (وهو مجلد

(*) علاوة على مشاعره الطبيعية تجاه الأم، فإنه لو حدث أن أدينت بممارسة السحر، فإن من الأرجح أنه لن يستطيع تولي منصبه الإمبراطوري.

يغلب عليه الطابع الروحاني وغير ذي أهمية علمية) كيف واتته في 8 مارس 1618 الفكرة التي اشتهرت باسم قانون كيبلر الثالث، وكيف اكتملت بعد ذلك خلال العام نفسه، ويتعلق القانون بالزمن الذي يستغرقه كوكب ليكمل دورة حول الشمس (دورته أو السنة) ونسبة ذلك إلى المسافة التي تفصله عن الشمس بطريقة محددة للغاية، وبذلك صاغ وفق تقدير كمي النموذج العام الذي اكتشفه كوبرنيكس، ويقول القانون إن مربع الزمن لكل من الكوكبين يتناسب مع مكعب مسافة كل منهما من حيث البعد عن الشمس، مثال ذلك (إذا ما استخدمنا المقاييس الحديثة)، كوكب المريخ يبعد عن الشمس بمقدار 1.52 ضعفا من بعد الأرض عن الشمس، ومكعب 1.52 هو 3.51. ولكن طول «السنة» على ظهر كوكب المريخ هو 1.88 ضعفا لطول السنة على كوكب الأرض، ومربع 1.88 هو 3.53 (الأرقام هنا ليست مطابقة تماما لأنني قربتها إلى رقمين عشريين).

إصدار جداول ردولف للنجوم

صدر كتاب «تناغم العالم» Harmonice Mundi سنة 1619، بينما حرب الثلاثين عاما على أشدها، ونظرا لما سببته الحرب من مشكلات، وكذا تقديم أم كيبلر للمحاكمة بتهمة ممارسة السحر، فإن المؤلف الآخر العظيم الذي ألفه كيبلر في هذا الوقت وهو «موجز علم الفلك الكوبرنيكي»، صدر في ثلاثة مجلدات في الأعوام 1618 و1620 و1621 ويعرض الكتاب بجرأة رؤية كوبرنيكس عن مركزية الشمس للكون، ونظرا لأن الكتاب أصبح ميسورا أكثر فقد حقق لكيبلر قراء أكثر على نطاق أوسع مثلما كان، على نحو ما، إشارة إلى نهاية مساهماته العظيمة في علم الفلك، ولكن كان لايزال ثمة التزام مهم يتعين حسمه، وأمكن أخيرا نشر جداول ردولف عن النجوم في العام 1627. ويرجع الفضل في ذلك، وعلى نحو أساسي، إلى ابتكار جون نابيير (1550-1617) للوغاريتمات في إنجلترا، إذ كان كتاب قد صدر منذ فترة وجيزة ويسر كثيرا على كيبلر عبء العمليات الحسابية (وتأخر إصدار كتاب كيبلر لأسباب منها الحرب والاضطرابات بل وحصار لينز)، وهكذا حقق لكيبلر جميع التزاماته

للإمبراطورية الرومانية المقدسة، ويسرت الجداول مهمة حساب مواقع الكواكب بحيث أضحت أكثر دقة وأفضل بثلاثين مرة من الجداول التي جمعها كوبرنيكس، وظلت هي المعيار على مدى أجيال، وتأكدت بوضوح قيمتها في العام 1631 عندمَا رصد عالم الفلك الفرنسي بيير جاسندي عبورا لعطارد (عندما يَعبر عطارد قبالة الشمس)، والذي سبق أن تنبأ به كيبلر في ضوء الجداول، وكان هذا أول عبور لعطارد يتم رصده.

ولم تكن الطباعة هي الشيء الوحيد في حياة كيبلر الذي أفسدته الحرب، إذ في العام 1619 أصبح فرديناند الثاني إمبراطورا خلفا لماتياس بعد وفاته، وهذا هو فرديناند الكاثوليكي المتحمس نفسه الذي تسبب فيما ألم بكيبلر من حزن عميق في ستيريا خلال عمله هناك في فترة سابقة، وسبق أن اضطهدته في لينز كنيسته اللوثرية لأنه ليس مؤمنا قويم الإيمان على نحو كاف، وتغير الوضع السياسي بعد 1625 في عهد فرديناند، وأضحت الهيمنة للكاثوليكية في جميع أنحاء النمسا، واضطهدت السلطات كيبلر ثانية هذه المرة لأنه لوثري، ولم يعد أمامه من أمل لاستعادة منصبه في البلاط ما لم يرتد إلى الكاثوليكية، وهذا ما لم يكن مستعدا للتفكير فيه، (على الرغم من أن فرديناند، فيما يبدو، كان متعاطفا كثيرا وعلى نحو شخصي تجاه كيبلر، وربما كان يسره أن يعيده إلى براغ حتى وإن تحول عن العقيدة ظاهريا لا عن إيمان)، وسعى كيبلر العام 1628 لتأمين منصب لنفسه لدي دوق فالنشتين، وهو رجل متسامح مع جميع أشكال العبادة (شريطة أن تكون مسيحية)، ويحرص على عدم إحداث أي تغيير دون مشورة منجميه، وكان يعرف كيبلر منذ حياته في براغ، حيث رأي طالع الدوق واعتقد الدوق، أنه كان دقيقا تماما في نبوءاته، وبدا لكيبلر أن فالنشتين محسن وحام مثالي، ورجل قوي ذو سطوة وسلطان، ويشغل مناصب عديدة، من بينها آمر الجيش عند فرديناند.

وفاة كيبلر

وصلت عائلة كيبلر إلى بلدة ساغان في سيليزيا، لتبدأ حياة جديدة في يوليو 1628. وبدا أن أفضل شيء في الوظيفة الجديدة هو أن كيبلر يتقاضى راتبه بانتظام، ولعل الأغرب أنه أصبح لديه الوقت الكافي ليكمل

رواية من أوائل روايات الخيال العلمي بعنوان «حلم القمر»، وأسوأ الأمور أنه بعد وصوله مباشرة، قرر دوق فالنشتين الانضمام إلى الحركة المناهضة للإصلاح بغية كسب رضا الإمبراطور، هذا على الرغم من أن كيبلر، باعتباره أحد العاملين لدى الدوق، كان معفى من القوانين التي صدرت أخيرا، وعاد ليرى ثانية جيرانه البروتستانت وقد تخربت بيوتهم وباتوا يعيشون في هلع، وعلى الرغم من أن فالنشتين بذل جهودا كبيرة لإرضاء الإمبراطور، فإن الإمبراطور تغير عليه في صيف 1630، وأقاله من منصبه الرئيسي كآمر للجيش، وهكذا بدا مستقبل كيبلر ثانية غير آمن، وبات بحاجة ماسة إلى الاعتماد على أي مورد يتوفر من المال المستحق له لدي السلطات في لينز، ودعته هذه السلطات لحضور اجتماع لحسم الأمر وتسويته، وفي أكتوبر غادر ساغان التزاما بالموعد المحدد (11 نوفمبر)، وسافر في غير عجلة عبر ليبزغ وتورمبرغ إلى أن وصل إلى ريجينسبرغ في 2 نوفمبر، وهناك أصابته حمى شديدة ولزم فراش المرض. وفي 15 نوفمبر 1630، مات كيبلر قبل عيد ميلاده التاسع والخمسين ببضعة أسابيع، كان الرجل ابن عصره، يحتل موقعا وسطا بين روحانية الماضي (التي مع هذا صبغت فكره عن الكون)، وبين علم المستقبل المنطقي، ولكن مكانته باعتباره صوت العقل تبدو شامخة في سياق عالم أمراؤه وإمبراطوره لايزالون يعيشون الحياة اعتمادا على كهانة ورؤي المنجمين، فضلا عن أنه عالم حاكم أمه بتهمة ممارسة السحر، وبينما كان كيبلر عاكفا على إنجاز عمله العظيم، ظهر هناك وفي الوقت نفسه صوت العقل العلمي الأقوى نبرة، وأضحي مسموعا في الجنوب الأقصي من إيطاليا، حيث شهدت القدر نفسه من الخرافة والاضطهاد الديني شأنها شأن وسط أوروبا، ولكن الفارق أنها، على أقل تقدير، كانت تتمتع بقدر من الاستقرار، وإن كان الاضطهاد يأتي دائما من الكنيسة نفسها.

3

العلماء الأوائل

«أومن بأن الشمس تحتل المركز وسط الأجرام السماوية التي تدور في أفلاكها ولا تغير مكانها. وأومن كذلك، بأن كوكب الأرض يدور حول نفسه ويتحرك في مداره حول الشمس»

غاليليو غاليلي

وليام غيلبرت والمغناطيسية

لم يشهد التاريخ لحظة واحدة تم فيها إبدال الروحانية بالعلم كوسيلة لتفسير كيفية عمل وحركة العالم؛ ولكن ثمة حياة رجلين تحددان معالم الانتقال الذي حدث (لهما على الأقل) بينما يفسح القرن السادس عشر الطريق للقرن السابع عشر. طبيعي أن كان لايزال يوجد علماء ذوو ميول روحانية من بينهم (كما رأينا) شخصية علمية مبرزة مثل يوهانس كيبلر، وكذا مثل الخيميائيين (على نحو ما سوف نرى بعد قليل). ولكن بعد العقد الأول من القرن السابع عشر، ظهرت بوادر المنهج العلمي الداعي إلى مقارنة الفروض مع التجارب

والملاحظة لفرز حب القمح عن القشور، وتجلى هذا واضحا في أعمال وليام غيلبرت في إنجلترا، وأعمال غاليليو في إيطاليا، وكانا مثالا يقتدى بهما كل من له عينان ليرى.

يعتبر غاليليو واحدا من الشخصيات بالغة الرفعة والسمو في العلم، والمعروف بالاسم اليوم لكل من أوتي حظا من التعليم. ولكن غيلبرت أقل شهرة مما يستحق. وإذا تحدثنا من حيث الترتيب الزمني، فإن تاريخ ميلاد غيلبرت أسبق من غاليليو، ويستحق، فيما نرى، لقب العالم الأول. وجدير بالإشارة أن وليام غيلبرت هو الاسم الذي اشتهر به من خلال كتب التاريخ، على الرغم من أن التهجئة المفضلة لاسمه في عصره ولدى أسرته هي غيلبرد. ولد في 24 مايو 1544(*) في كولشستر في منطقة إسكس حيث كان سليل أسرة بارزة محليا - أبوه جيروم غيلبرد، كبير قضاة مقاطعة بورو، وهي إحدى الوظائف المهمة في الحكم المحلي. كان وليام يتمتع بمكان مريح في مجتمع مستقر، ولم يعان صعابا مثل كيبلر؛ ودرس في المدرسة الإعدادية المحلية، ثم ارتقى بعدها إلى كامبريدج العام 1558. ونحن لا نعرف الكثير عن حياته الباكرة، وإن قالت رواية إنه درس في أكسفورد أيضا، ولكن ليس لدينا سجل رسمي بذلك. حصل على درجة البكالوريوس العام 1560، وأصبح زميلا في كليته (القديس جون)، وترقى إلى درجة الماجستير 1564 ثم الدكتوراه في الطب 1569. وقام بالعديد من السفريات في مختلف أنحاء القارة على مدى سنوات قبل أن يعود ويستقر في لندن، حيث أصبح زميلا في كلية الأطباء العام 1573.

وكان غيلبرت طبيبا ناجحا ومبرزا إلى أقصى حد، وتولى جميع الوظائف في الكلية الملكية بالتناوب الواحدة بعد الأخرى، إلى أن شغل الوظيفة الأعلى مرتبة، وهي رئيس الكلية الملكية العام 1599. وشغل في العام التالي منصب الطبيب الشخصي للملكة إليزابيث الأولى، ثم أنعمت عليه بالترقية إلى رتبة فارس. وعندما توفيت في مايو 1603، أبقاه خلفها جيمس الأول طبيبا له (وهو من اقتدى بأمير أسكوتلاندا جيمس السادس وسافر إلى الدنمارك بحثا عن عروس له، والتقى تيشو أثناء إقامته

(*) تقول بعض المصادر 1540، ولكن يبدو أن هذا خطأ.

هناك). ولكن عمر غيلبرت، امتد لبضعة شـــهور فقط بعد وفاة إليزابيث، وتوفي في العاشر من ديسمبر 1603. وعلى الرغم من ذيوع شهرة غيلبرت كطبيب فإنه ترك بصمته علـــى العلم في مجال الفيزياء من خلال أبحاثه المستفيضة بشأن طبيعة المغناطيسية.

ولنا أن نقول، إن شـــئنا الدقة، إن هـــذه الأبحاث هي من عمل هاو من علية القوم، رجل يملـــك ثروة كافية بحيث أنفق، وفقا لمعايير العصر، نحو 5 آلاف إســـترليني من ماله الخاص على عمله العلمـــي في الثلاثين عاما بعد أن اســـتقر في لندن (*). وأبدى فـــي البداية اهتماما بالكيمياء، ولكن ســـرعان ما تحول عنها (بعد أن أقنع نفســـه بأن العقيدة الخيميائية التي تزعم إمكانية تحويل المعادن الخسيسة إلى ذهب ما هي إلا ضرب من نسج الخيال) وتحول إلى دراسة الكيمياء والمغناطيسية، وهذه قسمة تميز العالم وظلـــت مهجورة فـــي الواقع منذ البحوث (أو لنقل علـــى الأصح التأملات النظرية) التي طرحها فلاســـفة الإغريق منـــذ 2000 عام قبل ذلك. وبلغ هـــذا الجهـــد ذروته في العـــام 1600 بعـــد نحو 15 عاما من الدراســـة، وتجســـد في إصدار كتاب عظيم بعنـــوان De Magnete Magneticisaue Corporibus ، et de Magno Magnete Tellurs أي (عـــن المغناطيســـية والأجســـام الممغنطـــة، والأرض المغناطيس الأعظم). ويعـــرف الكتاب في بســـاطة بعنوان De Magnete. وهذا هو أول عمل مهم يصدر في إنجلترا في مجال علوم الفيزياء.

وتميـــزت دراســـات غيلبـــرت بالشـــمول والدقـــة التفصيليـــة. وفند على أســـاس مـــن التجربة الكثير مـــن المعتقدات الخرافيـــة القديمة عن المغناطيســـية - مـــن مثل الفكـــرة القائلة إن حجـــر المغناطيس، وهو خام مغناطيـــس طبيعي، يمكنه أن يشـــفي الصداع، وكذا الفكـــرة الزاعمة أن المغناطيـــس يمكن إعادة تنشـــيطه ثانية بحكه بالثـــوم - واخترع غيلبرت تقنية استخدام حجر المغناطيس لمغنطة قطع من المعدن. واكتشف قوانين الجذب والتنافر المغناطيسي المماثلة لما نتعلمه اليوم في المدارس. وأوضح

(*) يعـــادل هـــذا ملايين عديدة من الجنيهات فـــي العصر الحديث، ومن العســـير تصور أوجه الإنفاق، ولهذا ربما تكون هناك مبالغة في الرقم.

أن كوكب الأرض ذاته يعمل عمل قضيب مغناطيسي جبار، وأطلق اسمي «القطب الشمالي» و«القطب الجنوبي» على طرفي قضيب المغناطيس. وتميزت بحوثه كما أشرنا بالشمول والدقة والتفصيل بحيث لم يظهر جديد بعد وفاة غيلبرت ليضاف إلى المعارف العلمية عن المغناطيسية على مدى قرنين، إلى أن تم اكتشاف الكهرومغناطيسية في عشرينيات القرن التاسع عشر، ثم أعمال ميشيل فاراداي بعد ذلك. واتسع نطاق اهتمامات غيلبرت بالضرورة لتشمل موضوعات عن السماء، بأسلوب يغلب عليه الطابع التأملي النظري. إذ كان من مؤيدي نموذج كوبرنيكس عن العالم، وأيده لأسباب منها اعتقاده أن الكواكب مثبتة في مداراتها بفعل المغناطيسية (وهي فكرة تأثر بها كيبلر). ولكن أصالة غيلبرت تجلت أيضا في مناقشته للفلك عند كوبرنيكس إذ أوضح كم هو يسير تفسير ظاهرة تقدم الاعتدالين (وهذه الظاهرة هي تغير أو تحول بطيء باتجاه الغرب في الاعتدال الربيعي أو الخريفي ينتج عن دوران محور الأرض، ويكون بذلك سببا في حدوث الاعتدالين قبل الموعد في كل سنة نجمية، أي السنة المقيسة بالنسبة إلى النجوم الثابتة). ورأى تفسير الظاهرة في ضوء تذبذب الكرة الأرضية في حركة التدويم الناتجة عن الدوران (مثل تذبذب رأس المغزل مع حركة الدوران)، وأوضح كذلك مدى صعوبة تفسير الظاهرة في ضوء الأفلاك البلورية التي تتخذ الأرض مركزا لها (ويقتضي هذا في الحقيقة تعقيدات مهولة لن نسترسل فيها هنا). وذهب كذلك إلى أن النجوم مختلفة الأبعاد من حيث البعد عن كوكب الأرض (ليست جميعا ملحقة بفلك بلوري واحد) ويمكن أن تكون أجراما مثلها مثل الشمس وتدور حولها كواكب خاصة بها وقابلة للحياة فيها. كانت بحوثه في الكهرباء الإستاتيكية المولدة عن طريق حك أجسام مصنوعة من مواد مثل الكهرمان أو الزجاج بالحرير، أقل اكتمالا من بحوثه في المغناطيسية. ولكن غيلبرت تحقق من التمايز بين الكهرباء والمغناطيسية (وهو الذي صاغ في الحقيقة مصطلح «كهربي» في هذا السياق)، على الرغم من أن التمييز بين الاثنين لم يتحقق حتى ثلاثينيات القرن الثامن عشر، عندما اكتشف عالم الفيزياء الفرنسي شارل دو فاي (1698 - 1739) وجود

نوعين من الشحنة الكهربية سميت «شحنة موجبة» و«شحنة سالبة». وأوضح أن الشحنتين يعملان مثل قطبي المغناطيس، أي أن الشحنات المتماثلة تتنافر والمتعارضة تتجاذب.

ومع هذا كله فإن أهم قسمة تميز كتاب دو ماغنيت (عن المغناطيسية) ليست ماذا اكتشف غيلبرت، بل كيف اكتشف، وأسلوبه الواضح الذي طبق به هذا المنهج العلمي كمثال يقتدي به الآخرون. ولهذا كان لكتاب «دو ماغنيت» أثر مباشر على غاليليو، إذ أوحى له الكتاب أن ينجز بحوثه عن المغناطيسية وجعله يصف غيلبرت بأنه مؤسس المنهج التجريبي في العلم. وجدير بالذكر أن غيلبرت يحدد موقفه منذ البداية الأولى في مقدمته للكتاب، إذ يقول: «عند اكتشاف الأمور الملغزة، وعند بحث الأسباب الخافية، نهتدي إلى أقوى الأسباب عن طريق التجارب المؤكدة والحجج المدعومة بالبرهان، وليس عن طريق تخمينات محتملة، أو آراء رهن تأملات فلسفية (*). وطبق غيلبرت عمليا ما يدعو إليه نظريا، ولذا نراه يستطرد ويعرض لنا تجاربه بتفصيل دقيق مشوق. وهكذا يمكن لأي باحث مدقق أن يستعيدها، مما يدعم أهمية وجدوى هذا المنهج:

> مثلما أن الهندسة تبدأ صاعدة من أسس محددة بسيطة وبدهية وصولا إلى أرفع وأصعب البراهين، ليعلو بها العقل الذكي إلى عنان الأثير، كذلك مذهبنا عن المغناطيسية وكذا العلم وفق النهج الصحيح يبين أولا حقائق معينة شبه نادرة الحدوث لتنبثق منها حقائق من نوع استثنائي؛ وبعد مضي بعض الوقت، وعلى نحو متتال، تتكشف أمور أكثر خفاء وإبهاما، وتعرف أسباب الظواهر التي كنا لا نلحظها أو لا نأبه لها بسبب جهل القدماء بها أو بسبب إغفال المحدثين لها.

ونراه في مواضع كثيرة، لا مجال للحديث عنها هنا، ينتقد بشدة أولئك الفلاسفة الذين «يدلون بخطابهم... على أساس تجارب غير حاسمة ويعتريها بعض الغموض». ويقول غيلبرت بلسان قوي «ما أيسر ارتكاب أغلاط وأخطاء في غياب تجارب موثقة». ويحث قراءه قائلا «إن أيا منكم

(*) هذا الاقتباس وغيره من ترجمة بقلم بي. فلوري موتيلاي.

عليه أن يجري التجارب نفسها»، وأن «يعالج موضوع البحث بحذر ودقة ومهارة، وليس عن إهمال أو من دون إتقان، وإذا فشلت تجربة ما، فإن الواجب يقتضي ألا يدين عن جهل اكتشافاتنا، ذلك لأن هذه الكتب لا تشتمل على شيء لم يسبق بحثه مرة ومرات تحت أعيننا».

يقينا كان هذا الخطاب موسيقى تسري إلى روح غاليليو وهو يقرأ كلمات غيلبرت. إذ من دون النظر إلى أهمية اكتشافات غيلبرت، يبين لنا أن إسهام غاليليو الرئيسي على طريق ميلاد العلم يكمن تحديدا في التأكيد على حاجتنا إلى تجارب دقيقة ومتكررة لاختبار الفروض، وليس الاعتماد على نهج «فلسفي» قديم يحاول فهم نظام عمل العالم تأسيسا على عقل نظري خالص، أو منطق صوري محض - مثال ذلك النهج الذي جعل الناس يعتقدون أن حجرا ثقيلا يسقط أسرع من حجر أخف منه وزنا، دون أن يكلف الناس أنفسهم مشقة اختبار الفرض عمليا بأن يلقوا حجرين معا ويروا بعيونهم ما يحدث. وليس غريبا أن المدرسة القديمة للفلسفة «العلمية» اشتهرت تحت اسم المدرسة المشائية (*) نظرا لاعتياد أتباعها على التجوال أو المشي في أنحاء الحرم الجامعي أو عبر طرقات المدينة وهم يناقشون مثل هذه القضايا. اعتاد غاليليو، شأن غيلبرت، أن يطبق عمليا ما يدعو إليه بلسانه. ولهذا فإن الإطاحة بالنهج المشائي تحققت بفضل إنجازاته في إيطاليا خلال القرن السادس عشر ومطلع القرن العشرين.

غاليليو ودراسة البندول والجاذبية والتسارع

ولد غاليليو غاليلي في بيزا في 15 فبراير 1564 - وهو العام نفسه الذي ولد فيه شكسبير، والشهر نفسه الذي مات فيه مايكل أنجلو. وازدواج الاسم سببه أن جدًّا لغاليليو في القرن الخامس عشر، يدعى غاليليو بوتايوتي، أصبح شخصية ذات شأن كبير في المجتمع كطبيب مبرز، وأحد كبار المسؤولين، فغيرت الأسرة اسمها إلى غاليلي على شرفه. وحمل غاليليو: موضوع حديثنا اسم سلفه عند التعميد مع تحوير بسيط مثير

(*) المشاؤون الأوائل هم أتباع (حرفيا!) أرسطو، ولكن فلاسفة إيطاليا في أواخر القرن السادس عشر استخدموا الاسم أيضا.

للسخرية، حيث إن غاليليو بوتايوتي الذي كان مشهورا في السابق لم يعد أحد يذكره إلا بقوله جد غاليليو غاليلي. وتوافرت لعائلة غاليليو وقت ميلاده علاقات جيدة ومكانة مرموقة في المجتمع، وإن ظل توفير اللازم للحفاظ على الوضع مشكلة دائمة. أما أبو غاليليو فيسنزيو، المولود في فلورنسا العام 1520، فقد كان موسيقيا محترفا موهوبا فضلا عن اهتمامه الشديد بالرياضيات والنظرية الموسيقية، وتزوج بفتاة تدعى جيوليا في العام 1562، وأنجبت سبعة أطفال، أكبرهم غاليليو، وقد مات منهم ثلاثة في سن الرضاعة على ما يبدو. وأسماء الأشقاء الذين امتد بهم العمر هم فيرجنيا المولودة العام 1573، ومايكل أنجلو المولود (1575)، وليفيا (1587)، وبهذا أصبح غاليليو أكبر من بقوا على قيد الحياة من الإخوة، ورأس الأسرة بعد وفاة أبيه، الأمر الذي كان سببا فيما عاناه من قلق كبير.

بيد أن كل هذا يعود بنا بعيدا إلى العام 1572، وقتما قرر فيسنزيو العودة إلى فلورنسا، مصطحبا جيوليا وتاركا غاليليو في رعاية أقارب له في بيزا لمدة عامين إلى أن عاد واستقر في بلدته. حدث هذا في وقت كانت فيه كل منطقة توسكانا وفلورنسا وبيزا على وجه الخصوص تعيش حياة مزدهرة في عصر النهضة. كانت المنطقة تخضع لسلطة دوق فلورنسا ويدعى كوسيمو دو ميديتشي، والذي توجه البابا دوق توسكانا في العام 1570 نظرا إلى نجاح عملياته العسكرية ضد المسلمين. وفي فلورنسا عاصمة توسكانا أصبح فيسنزيو موسيقي البلاط ومن ثم اختلطت أسرته بالدوقات والأمراء في مركز أوروبا المتجدد فنيا وفكريا.

وتلقى غاليليو تعليمه في البيت إلى أن بلغ الحادية عشرة من العمر، وتولى الأب أساسا مهمة تعليمه، مع مساعدة معلم خارجي بين الحين والآخر. وأصبح موسيقيا ممتازا بفضل قدراته الذاتية، وإن لم يتبع خطى أبيه المحترف، واعتاد أن يعزف الموسيقى (العود أساسا) للمتعة الذاتية طوال حياته. وتميز فيسنزيو بأنه كان أقرب إلى كونه مفكرا حرا وفق معايير عصره، ولم يكن شغوفا بشكليات وطقوس وشعائر الكنيسة. وعندما حان الوقت لكي يبعث الأب بابنه لتلقي المزيد من التعليم المدرسي

الرسمي في العام 1575، كان واضحا أن الدير هو المكان المختار بناء على أسس تعليمية خالصة (واختار الأب ديرا في فالومبروزا، على بعد 30 كيلو مترا شـــرق فلورنسا). وشغف غاليليو حبا بأسلوب الحياة في الدير، شأنه في هذا شأن الشباب شديد الحساسية من قبله (ومن بعده). وانضم وهو في الخامســـة عشرة إلى ســـلك الرهبنة كمبتدئ، وفزع الأب لذلك، ولكن رمدت عينا الصبي بســـبب عدوى أصابته، فأخرجـــه من الدير بحثا عن طبيب في فلورنسا. شفيت عينا غاليليو، ولكنه لم يعد إلى الدير، ولم يعد ثمة حديث عن تحوله إلى راهب. واصل تعليمه في فلورنسا عامين آخرين تحت إشـــراف رهبان من الأخوية الرهبانية نفســـها في فالومبروزا ولكنه بقي في البيت تحت عيني أبيه الســـاهرتين. وتفيد سجلات فالومبروزا أن غاليليو غاليلي تم إدراج اســـمه ضمن قائمة القساوســـة المجردين من كل الحقوق (المشلوحين).

وعلى الرغم من أن فيســـنزيو نجح في تدبير أمر معاشـــه كموسيقي، فإنه كان يدرك أن وظيفته غير مأمونة ولذلك خطط لابنه الأكبر أن يتمتع بوضـــع وظيفي محترم ومجز ماليا. أي شـــيء أفضل من أن يدعه يتدرب للعمل طبيبا، مثل سميه الأشهر؟ في العام 1581، وبينما بلغ غاليليو عامه الســـابع عشر، التحق طالبا لدراســـة الطب بجامعة بيزا، وعاش هناك مع أقارب أمه أنفسهم الذين تولوا رعايته في مطلع سبعينيات القرن السادس عشر. وكان غاليليو وهو طالب كثير الجدل والمناقشات ولا يهاب الشك في حكمة زمانه الموروثة (أساســـا عن أرسطو). واشتهر بين الطلاب الآخرين باســـم «المشـــاغب» لحبه المحاجاة، واعتاد بعد أن تقدمت به الســـن كلما تأمل تلك السنوات من حياته تذكر كيف واتته على الفور فكرة البحث عن وســـيلة لتفنيد فكرة أرســـطو التي تحظى بالتقديس في التعاليم المشائية، والتي تقول إن الأجسام ذات الأوزان المختلفة تسقط بسرعات مختلفة إلى الأرض. ورأى أن كرات البرد مختلفة الأحجام والأشكال بعضها عن بعض اختلافا كبيرا ولكنها جميعا تسقط وتصل إلى الأرض معا. ومن ثم لو كان أرســـطو على صواب، فإن كرات البرد الثقيلة لا بد أن تتشـــكل جليدا في طبقات أعلى داخل الســـحاب على عكس كرات البرد الأصغر - المســـافة

نفسها تحديدا من حيث الارتفاع، بحيث إنها عند سقوطها بسرعة أكبر، تصل إلى الأرض إلى جانب كرات البرد الأخف وزنا التي تشكلت على ارتفاعات منخفضة. وبدا الأمر في نظر غاليليو بعيد الاحتمال، وأسعده عندما أوضح لزملائه الطلاب وكذا لمدرسيه بالجامعة كيف أن هناك تفسيرا بسيطا غاية البساطة، هو أن كل كرات البرد تتشكل في مكان واحد داخل السحاب، وبذا تسقط جميعها معا وبالسرعة نفسها أيا كان اختلاف الأوزان.

واضح تماما أن هذا النوع من المحاجاة يمثل حيودا جوهريا عن دراسات غاليليو الطبية، على الرغم من أنه، على أي حال، لم يتبع هذا السبيل عن حماس ما. ولكن في مطلع العام 1583، توارى أي احتمال عن مستقبل له في الطب، إذ اعتاد بلاط الدوق العظيم لتوسكانا أن يقيم دائما خلال شهر الشتاء في ذلك الزمن في بيزا، وتستمر الإقامة من عيد الميلاد إلى عيد القيامة. واستطاع غاليليو، ومن خلال ارتباطات والده بالبلاط، أن يتعرف على عالم رياضيات البلاط، ويدعى أوستيليو ريتشي، في جو اجتماعي، وفي مطلع العام 1589 عرج على صديقه الجديد ريتشي بينما كان يلقي محاضرة عن الرياضيات لبعض الطلاب. وحرص غاليليو على الانتظار، بدلا من الانصراف ثم العودة، وسماع المحاضرة التي استحوذ موضوعها على اهتمامه - وهكذا كان أول لقاء له مع عالم رياضي حقيقي، وليس مجرد عالم حساب. وانضم إلى مجموعة طلاب ريتشي على أساس غير رسمي، وشرع في دراسة إقليدس بدلا من كتب الطب. أدرك ريتشي أن غاليليو يتمتع بكفاءة تؤهله للمادة، وسانده عندما طلب من فيسنزيو أن يتحول عن دراسة الطب إلى دراسة الرياضيات. رفض فيسنزيو لأسباب تبدو في ظاهرها معقولة، وهي أن الأطباء تنتظرهم وظائف كثيرة، بينما الرياضيون ليست لهم سوى وظائف نادرة جدا. ولكن غاليليو شرع في دراسة الرياضيات، وأهمل إلى حد كبير مقرراته الدراسية في الطب، وأدى هذا إلى أن ترك بيزا في العام 1585 من دون الحصول على درجة علمية من أي نوع، وعاد إلى فلورنسا لكي يحاول جاهدا العيش كمعلم خاص في الرياضيات والفلسفة الطبيعية.

حـــدث آخر جدير بالذكر وقع بينمـــا كان غاليليو يدرس الطب في بيزا، وإن بـــدت القصة مشـــوهة ومحرفة عبـــر القرون. إذ مـــن المؤكد تماما أن غاليليو خلال هذه الفترة ســـحرته رؤية إحدى ثريـــات الكاتدرائية تتأرجح ببطء واطراد أثناء عظة روتينية مملة، ونظرا إلى أنه لم يكن هناك أي شيء آخر يشـــغله فقد عمد إلى تحديد مواقيت تأرجح البندول مع تحرك قوس الثريـــا وتناقصه تدريجيا، مســـتخدما في ذلك نبض قلبـــه. وقاده هذا إلى اكتشـــاف أن البندول يستغرق الوقت نفسه لاستكمال حركة واحدة للتأرجح سواء أكانت قصيرة القوس أم طويلة القوس. وذاعت قصة أن غاليليو أجرى بعض التجارب علـــى عديد من البندولات مختلفة الأطوال، وابتكر ســـاعة البندول على الفور (وترجع هذه الأســـطورة، مثل أساطير أخرى عن غاليليو في كثير منها إلى كتابات فيســـنزو فيفياني، وهو شـــاب عمل ناســـخا كاتبا لغاليليو وتلميذا مخلصا له لاحقا بعد أن كف بصر العجوز، والذي غالبا ما بالـــغ في وصفه للحظات العظيمة في حياة أســـتاذه). واقع الأمر أن الفكرة اســـتقرت في عقل غاليليو حتى العـــام 1602، عندما أجرى تجارب دقيقة وأثبت بالبرهان أن فتـــرة اهتزاز أو تأرجح البندول تعتمد فقط على طوله، وليـــس على وزن البندول ولا طول قوس الاهتزاز. ولكن بذرة الموضوع بدأت غرسا أوليا في الحقيقة داخل كاتدرائية بيزا العام 1584 أو العام 1585.

بدأ غاليليو يحقق لنفســـه شـــهرة واسعة كفيلســـوف طبيعي، كما بدأ يجري التجارب ويكتب مذكرات ســـتتطور بعـــد ذلك لتكون مؤلفاته المهمة عن العلم. ولكن على الرغم من هذا، لم يكن بوسعه أن يدبر لنفسه معاشه على الســـنوات الأربع التالية في فلورنسا. وطبيعي ما لم تتوافر له وسائل العيش، المســـتقلة فإن السبيل الوحيد أمامه لتأمين استمرار عمله العلمي هو الاهتداء إلى راع صاحـــب نفوذ، وأتى منقذ غاليليو في صورة الماركيز جويدوبالـــدو ديل مونتي، وهو أرســـتقراطي ألف كتابا عـــن الميكانيكا كان شـــغوفا بالعلم. ويمكـــن القول إن غاليليو، جزئيا بفضـــل نفوذ ديل مونتي اســـتطاع في العام 1589، أي بعد أربع ســـنوات من تركه جامعة بيزا من دون درجة علمية، أن يعود إلى الجامعة نفســـها أســـتاذا للرياضيات بعقد لمدة ثلاث سنوات.

وهذا اللقب، وإن بدا ذا شـأن عظيم، إلا أنـه مجرد خطوة متواضعة للغاية في بداية السلم الأكاديمي. وتحقق ما قاله فينسنزو غاليلي، إذ سبق أن أوضح لابنه أن أستاذ الطب في بيـزا كان يتقاضى آنذاك راتبا قدره 2000 كراون في السـنة، بينما أسـتاذ الرياضيـات لا يتحصل على أكثر مـن 60. واضطر غاليليو لذلك إلى أن يسـتكمل دخله بتولي مهمة تعليم الطلاب الذين تحت مسـؤوليته، ليدرس لهـم وقتا كاملا من دون الاكتفاء بسـاعات رسـمية مخصصة للتدريس. وكان هذا إجـراء متبعا وقتذاك، ولكن أبنـاء الأغنياء وأصحاب النفوذ هم فقط مـن يطيقون الإفادة بهذا النـوع من التعليم. وكانـت النتيجة أنه بعد أن أنهى هؤلاء الفتية مقرراتهم الدراسـية وعادوا إلى أوطانهم ذاعت شـهرة غاليليو على نطاق واسع في تلك الأوساط التي سوف تكون مصدر خير عميم له.

وجدير بالذكر أن التعليم الذي تلقاه التلاميذ في دروسـهم الخصوصية فـي بيت غاليليو في الغالـب الأعم مختلف تماما عن المقررات الدراسـية الرسمية التي كان غاليليو ملزما بتدريسها في الجامعة. وعلى الرغم من أنه حصل على لقب أسـتاذ للرياضيات، فإن الوثيقة التي حددت محاور مهمته اشـتملت على ما نسـميه اليوم الفيزياء، والتي كانت تسمى آنذاك الفلسفة الطبيعية. ويلاحظ أن المقرر الرسـمي للدراسـة كان لايزال يعتمد إلى حد كبير على أرسـطو، اضطر غاليليو، بحكم الواجـب ودون حماس منه، إلى تدريـس المنهج العام في محاضراته. ولكنه في دروسـه الخصوصية اعتاد مناقشـة أفكار جديدة وغير تقليدية عن العالم، بل كتب أول مسودة لكتاب يوضح بعض هذه الأفكار، وإن قرر عدم نشـره - وهذا يقينا قرار حكيم من شاب لا يزال في حاجة إلى أن يحدد ويكمل أفكاره ويصنع شهرته (*).

وثمة أساطير أخرى اصطنعها فيفاني عن غاليليو تشير إلى الفترة التي عاشـها غاليليو في بيزا يعمل أسـتاذا للرياضيات، وهي في الأغلب، كما سـبق أن قلنا، غير حقيقية بالمرة. ونعني هنا القصة الشـهيرة التي تحكي كيف ألقى غاليليو من أعلى برج أثقالا مختلفة الأوزان ليبين أنها سـتصل إلـى الأرض معا. ونحن لا نجـد أي دليل على أنه فعل شـيئا كهذا، على

(*) عنوان مسودة الكتاب هو «عن الحركة»، ولكن درجة التشابه قليلة بين المسودة والكتاب الذي نشره غاليليو بالعنوان نفسه بعد عدة سنوات.

الرغم من أن مهندسا فنلنديا يدعى سيمون ستيفين (1548 - 1620، ويدعى أيضا ستيفينوس) هو الذي أجرى بالفعل العام 1586 مثل هذه التجارب مستخدما أثقالا من الرصاص، وألقاها من أعلى برج على ارتفاع نحو عشرة أمتار. وقد نشرت نتائج هذه التجارب، ونعتقد أن غاليليو ربما علم بها. ولكن الرابطة بين غاليليو وبين الأثقال التي ألقى بها من أعلى برج لييننغ والتي خلط فيفيان بينها وبين الوقت الذي كان يعمل فيه غاليليو أستاذا للرياضيات في بيزا، إنما يرجع تاريخها عمليا إلى العام 1617. إذ في هذا التاريخ أجرى هذه التجربة الشهيرة أحد أساتذة المدرسة الأرسطية القديمة بهدف دحض ما قاله غاليليو من أن الأوزان المختلفة تسقط بسرعة واحدة. واصطدمت الأوزان بالأرض في وقت واحد تقريبا، وليس في اللحظة ذاتها تحديدا. وتمسك المشاؤون بهذا الفارق دليلا على خطأ غاليليو. ورد عليهم ردا قاسيا:

> يقول أرسطو إن كرة تزن مائة رطل حين تسقط من ارتفاع مائة ذراع تصطدم بالأرض قبل كرة تزن رطلا واحد وأسقطت من ارتفاع ذراع واحد. وأنا أقول تصلان إلى الأرض في وقت واحد. وتجد، عند إجراء الاختبار، أن الكرة الأكبر تسبق الأصغر ببوصتين. وها أنت الآن تتوارى وراء البوصتين لإخفاء تسع وتسعين بوصة لأرسطو، وتتحدث فقط عن هفوة صغيرة لي، بينما تلزم الصمت عن خطئه الهائل.

وتوضح لنا القصة الحقيقية أمرين، أولا تبرز بوضوح قوة المنهج التجريبي - إذ على الرغم من أن المشائين أرادوا أن تسقط الأوزان بسرعات مختلفة وأن يبرهنوا بذلك على صواب رأي أرسطو، نجد أن التجربة التي أجروها أثبتت خطأ أرسطو. معنى هذا أن التجارب الأمينة تقول الحق دائما. ثانيا، الاقتباس السابق يعطينا لمحة عن أسلوب غاليليو وشخصيته. ويستحيل أن نصدق أنه هو الذي أجرى حقيقة التجربة الشهيرة، ولم يذكر شيئا عن هذا الانتصار في أي من كتاباته. لذا نقول عن يقين إنه لم يجر هذه التجربة بتاتا.

لم يتوافق غاليليو أبدا مع وضعه في جامعة بيزا لذا سرعان ما بدأ يبحث عن وظيفة أخرى. رفض ارتداء لباسه الجامعي الدال على عمله ومكانته، ساخرا من زملائه الأساتذة لاهتمامهم الشديد بلباس وظيفتهم المميز أكثر من اهتمامهم ببحث كيف يسير العالم، وكان شخصية مبهرة (رأسه يكسوه شعر أحمر غزير ولحية حمراء كثة) إذ كان ودودا مع الطلاب، يجالسهم في البارات ذات السمعة المتدنية وسط المدينة. وعلاوة على آرائه المناهضة للمؤسسة الرسمية (الأمر الذي جعل من المرجح جدا عدم تجديد تعيينه في العام 1592) أصبحت حاجته إلى دخل أفضل مسألة ضاغطة العام 1591، بعد أن توفي فينسنزيو غاليلي. ذلك أنه لم يترك إرثا ذا قيمة لأبنائه، هذا علاوة على أن فينسنزيو وعد قبل وفاته بتقديم صداق سخي لابنته فرجينيا، وبذا أصبح أخوه الأصغر مايكل أنجلو غاليلي مسؤولا قانونيا عن سداد الدين. معنى هذا عمليا أن غاليليو، وقد أصبح كبير العائلة، عليه أن يدبر الدين، نظرا لأن مايكل أنجلو عجز عن دفع نصيبه، علاوة على أنه أصبح موسيقيا متجولا ومفلسا اعتاد التردد على غاليليو لاقتراض مال منه دون أن يسدد شيئا. وطبيعي أن هذا كله أرهق غاليليو كثيرا، خصوصا أنه هو ذاته محب للإنفاق ويحب الاستمتاع بالأنبذة الراقية والطعام المميز وإكرام أصدقائه بسخاء حينما كان يتوافر له المال.

وسعى غاليليو إلى شغل منصب كرسي الرياضيات في جامعة بادوا. علاوة على أنها وظيفة أرفع مكانة وأفضل راتبا، فإن بادوا جزء من جمهورية فينيسيا، وهي دويلة تتمتع بالثراء وتملك من القوة والسلطان ما يؤهلها للصمود أمام روما، فضلا عن توافر فرص تشجيع الأفكار الجديدة، وليس الضيق بها. وناضل غاليليو للحصول على المنصب، بزيارة بلاط فينيسيا ذاته، حيث ساعده سفير توسكانا. وعندما عبر غاليليو عن رغبته، بدا في صورة شخصية آسرة وذات براعة اجتماعية، ومن ثم كان تأثيره كبيرا في فينيسيا، وأصبح ودودا للغاية وخصوصا مع جيانفينسنزيو بينيللي، وهو مثقف ثري ويملك مكتبة ضخمة غنية بمحتواها من الكتب والمخطوطات، وخلق صداقة جيدة أيضا مع جنرال فرنسيسكو ديل مونتي،

الأخ الأصغر لغويدوبالدو. وحصل على الوظيفة المبتغاة لمدة أربع سـنوات في البداية، مع راتب سـنوي قـدره 180 كراون، وتضمن العقد تعهدا بأن رئيس جمهورية فينيسيا، الدوج (القاضي الرئيس المنتخب رئيسا للدويلة)، سـوف يجدد العقد لسنتين أخريين إذا رغب. وتولى غاليليو، بناء على إذن من دوق توسـكانا الأعظـم، منصبه الجديد في أكتوبـر 1592، وهو في الثامنة والعشـرين من العمر (وكان الدوق الأعظم آنذاك هو فرديناندو إذ إن كوسيمو توفي العام 1574 ليخلفه فرانسيسكو، الأخ الأكبر لفرديناندو دون وريث ذكر، على الرغم من أن ابنته ماري أصبحت ملكة على فرنسا). وامتدت السـنوات الأربع المبدئية للوظيفة إلى إقامة ثماني عشرة سنة في بادوا، وهي السنوات التي اعتاد أن يصفها غاليليو كلما تذكرها بأنها أسعد سنوات حياته.

وأثبـت غاليليو أثره الواضح في بادوا بوسـائل عملية للغاية، أولا كتب رسـالة عن التحصينات العسـكرية (وهو موضوع له أهمية كبرى بالنسبة إلى جمهورية فينيسـيا)، وأتبع هذا بكتاب عن الميكانيكا، اعتمد فيه على محاضـرات ألقاها في الجامعة. وأوضـح غاليليو بجلاء عددا من الأمور من بينها كيف تعمل منظومات البكرات، والتي تبدو إعجازا للوهلة الأولى، إذ إن ثقلا وزنه (فرضا) واحد كغم يمكن استخدامه لرفع وزن قدره عشرة كغـم، ولكي يتم هذا فإن ثقل الكيلوغرام لا بد أن يتحرك أسـرع من ثقل العشـرة كغم بعشـر مرات، بحيث يبدو وكأنه قام بعشـر رحلات مستقلة لرفع عشـرة أوزان مفردة كل منها يزن كيلوغراما واحد. وازدهرت كذلك حياة غاليليـو في بادوا، والتي تمركزت حـول أصدقائه الجدد من أمثال بينيللـي، وضمت هذه الدائرة الجديـدة رجلين تحديدا كان لهما دور كبير في قصة حياة غاليليو بعد ذلك، وهما فريار باولو ساربي وكاردينال روبرتو بيلارمـين. وأبدى ثلاثتهم مواقف دينيـة مختلفة للغاية على الرغم من أن سـاربي ربطته صداقة حميمة جـدا مع غاليليو بينمـا كانت العلاقة مع بيلارمـين تحكمها المودة (إن لم نقل أكثر من مجرد معرفة). كان سـاربي كاثوليكيا غير ملتزم تماما بحرفية العقيدة، حتى أن بعض خصومه شـكوا فيما بعد بأنه بروتستانتي في أعماقه. وهذا بينما بيلارمين كان شخصية

ذات مكانة رائدة في المجتمع فهو رجل لاهوت ومثقف، وسيكون له دور كبير في اضطهاد جيوردانو برونو بتهمة الهرطقة (*).

ولكن على الرغم من أن غاليليو أصبح مهنيا موضع اعتبار وتقدير رفيعين، فضلا عن أنه يتحرك وسط دوائر ذات نفوذ، فإنه كان دائم الشكوى ماليا. وحاول جاهدا حل مشكلاته المالية عن طريق اختراع شيء يحقق له الثراء. ونذكر من بين أفكاره الباكرة اختراعه أول مقياس لدرجات الحرارة (ترمومتر)، ويعمل بشكل مقلوب عكس ما تألفه عيون اليوم. وهو عبارة عن أنبوب زجاجي مفتوح من أحد طرفيه وله انتفاخ بصلي الشكل من الطرف الآخر، وتم تسخينه أول مرة (لتفريغه من الهواء) ثم وضعه إلى أسفل من ناحية الطرف المفتوح في وعاء به ماء. وطبيعي حين يبرد الهواء داخل الأنبوب يتقلص ويسحب الماء إلى أعلى، ويعتدل مقياس الحرارة ويأخذ وضعا قائما، ولكن إذا ما دفئ أكثر فإن الهواء المتبقي داخل الانتفاخ البصلي سوف يتمدد ويدفع مستوى السائل إلى أسفل، وإذا برد الهواء أكثر يعود وينكمش أكثر مما هو عليه ساحبا الماء إلى أعلى داخل الأنبوب. لم يمثل الاختراع نجاحا ما نظرا لأن ارتفاع السائل داخل الأنبوب كان رهن تغير ضغط الهواء الخارجي. بيد أن الاختراع يوضح مدى عبقرية غاليليو وبراعته في العمل التطبيقي.

اختراعه البوصلة

فكرة أخرى تطورت في منتصف خمسينيات القرن السادس عشر وحققت نجاحا متواضعا، وإن لم يحقق غاليليو من ورائها ثروة. وهي الآلة المعروفة باسم «البوصلة» - وهي آلة معدنية مدرجة يمكن استخدامها كآلة حاسبة. كان الهدف منها أول الأمر مساعدة المدفعي على حساب درجات الارتفاع المطلوبة لإطلاق المدفع وفق مسافات مختلفة، ثم تحولت على مدى بضع سنين أخرى إلى آلة حاسبة لعموم الأغراض، وهي في أواخر القرن السادس عشر تعادل آلة الجيب الحاسبة التي نستخدمها في أمور

(*) كان شبه مؤكد في العام 1605 انتخاب بيلارمين بابا، ولكنه اعتذر عن عدم ترشيح نفسه، إذ آثر أن يكون هو القوة المحركة من خلال الكرسي الرسولي.

عملية مثل حساب معدل صرف النقود وتبين الفائدة المركبة. وفي نهاية تسعينيات القرن السادس عشر حققت الآلة مبيعات كبيرة حتى أن غاليليو اضطر إلى توظيف عامل ماهر لفترة قصيرة لصناعتها له. وكشف عن بصيرته كرجل أعمال يبيع البوصلة بسعر زهيد نسبيا وتحميل المشتري مصاريف تعلم كبيرة ليتعلم كيف يستخدمها. لكن ذلك لم يستمر طويلا - إذ لم يجد أمامه من سبيل لمنع الآخرين من تقليد الآلة، أو منع من تعلموا كيفية الاستعمال أن ينقلوا معلوماتهم إلى آخرين.

واستمرت زيادة الدخل التي تمتع بها غاليليو بهذا الاختراع فترة قصيرة وإن جاءت له في الوقت المناسب تماما. وفي النصف الثاني من تسعينيات القرن السادس عشر، زادت التزاماته الشخصية عندما أقام علاقة ثابتة مع مارينا غامبا، وهي امرأة من أهالي بادوا وسليلة طبقة اجتماعية أدنى مستوى. لم يتزوج الاثنان (والحقيقة أن الاثنين لم يجمعهما بيت واحد للحياة معا)، غير أن العلاقة كانت معروفة ومعترفا بها من الجميع، وأنجبت مارينا لغاليليو ثلاثة أطفال - بنتين (ولدت الأولى العام 1600 والثانية 1601) وولدا (1606). واتخذ للابن اسم فينسنزيو على اسم جده، وتم الاعتراف به بعد ذلك وريثا لغاليليو وحمل اسمه. وانتهى مصير البنتين بأن ترهبنتا، وهو مصير ربما أكدته وحثت عليه مشكلات غاليليو التي لا تنتهي بحثا عن المال لسداد صداق أخواته، وقراره ألا يتورط في موقف مماثل مع ابنتيه. وتزوجت أخته ليفيا العام 1601، وهو العام نفسه الذي ولدت فيه ابنة غاليليو الثانية، وحدث أن غاليليو ومايكل أنجلو (الذي كان لا يزال يعيش في ألمانيا) وعداها مثلما فرجينيا، بصداق كبير. وللمرة الثانية لم يدفع مايكل أنجلو حصته.

وفي 1603 عانى غاليليو من مرض أثر على صحته طوال بقية حياته. إذ بينما كان هو وأصدقاء له في زيارة داخل فيلا تقع فوق التلال القريبة من بادوا، استمتع (كعادته دائما) بالتجوال على قدميه بين التلال، وأتبع هذا بوليمة ضخمة، ثم ذهب للنوم مع رفيقيه داخل حجرة يغذيها هواء رطب يهب إليها من كهوف قريبة عبر منظومة من القنوات. وقد أغلقوا هذا المكيف البدائي عندما استسلم الثلاثة للنوم، ولكن حدث بعد ذلك

أن فتحه خادم، مما سمح بهبوب هواء بارد رطب من الكهوف إلى داخل الغرفة. وأصيب ثلاثتهم بحالة مرضية شديدة ومات أحدهم. إذ يبدو على الأرجح أن كان الهواء مختلطا بغازات سامة من داخل الكهوف، وتسرب إلى الحجرة. وأيا كان السبب تحديدا، فإن غاليليو بدأ يعاني من نوبات متكررة من التهاب المفاصل الذي لازمه طوال حياته، مما كان يضطره إلى ملازمة الفراش عدة أسابيع مرة واحدة. وظل يؤمن بأن المرض المزمن انتابه نتيجة للحظة موت سريعة مرت به.

وحينما بلغ غاليليو سن الأربعين العام 1604 كان قد حقق لنفسه شهرة كفيلسوف طبيعي وعالم رياضيات، وأصبح مصدر منافع عملية لدويلة فينيسيا، وعاش حياة رخاء وسعادة في بادوا. والمعروف أنه أنجز هناك تجاربه المشهورة مع البندول والكرات المتدحرجة فوق أسطح مائلة، وهذه هي التجارب التي أفادت في دراسة التسارع والوصول إلى رأي بأن الأجسام المختلفة الأوزان تتسارع بمعدل واحد تحت تأثير الجاذبية (ولكن دون أن يُسقط أجساما في اتجاه رأسي). ونعرف أن من أهم القسمات المميزة لعمل غاليليو أنه اعتاد دائما إجراء تجارب لاختبار الفروض، ويعمل على تعديل أو استبعاد الفروض إذا لم تأت نتائج التجارب وفق النبوءات المقررة. وبحث غاليليو أيضا الهيدروستاتيكا (الدراسة الخاصة بتوازن وضغط السوائل)؛ ودرس كذلك ظواهر المغناطيسية احتذاء بأعمال غيلبرت، وراسل فلاسفة طبيعيين آخرين، من بينهم كيبلر (ونجد في رسالة كتبها غاليليو إلى كوبرنيكس في مايو 1597 يقول فيها إنه يقر لأول مرة بحماسه لنموذج كوبرنيكس عن العالم).

ومع هذا كله وعلى امتداده عاش غاليليو حياة خاصة كاملة وحافلة. درس الأدب والشعر، واختلف على المسرح بصورة منتظمة، وواصل عزف العود على مستوى رفيع. وحظيت محاضراته بإقبال واسع (على الرغم من أنه بدأ يشعر بأنها عمل روتيني شغله عن عمله التجريبي وعن حياته الاجتماعية)، وأدت شهرته المتزايدة كمناهض للفكر الأرسطي إلى تعزيز مكانته في جمهورية فينيسيا بلد التفكير الحر. ولم يكن ثمة أدنى شك في أن مركزه في الجامعة سوف يتجدد دائما كلما انتهى موعد العقد، وزاد

راتبــه زيــادة كبيرة بحيث أصبح يعيش حياة ميســورة، حتى وإن لم يدخر شيئا تحسبا ليوم الحاجة، ناهيك عن التفكير في التقاعد وترك الوظيفة.

دراساته عن النجم المتجدد الأعظم

فــي العام 1604 عظمت قيمة وقامــة غاليليو أكثر عندما ظهر النجم المتجدد الأعظم في الســماء في أكتوبر، وهو النجم الذي ســبق أن درسه كيبلر. واستخدم غاليليو تقنيات الرصد الدقيقة التي استحدثها من خلال عملــه للجيش، وتحــول بذلك إلى عالم فلك (لأول مــرة)، وأكد أن النجم الجديد لا يكشف عن حركة عبر السماء بالمقارنة بالنجوم الأخرى. وألقى سلســلة من المحاضرات صادفت استحســانا واســع النطاق أكد فيها أن النجــم لا بد أنه بعيد جدا عن كوكب الأرض، مثلــه مثل النجوم الأخرى. وفند بذلك الفكرة الأرســطية عن القلب الســماوي الثابــت غير المتغير، وأوجز نتائجه في بعض أبيات من الشعر تقول:

يسكن في مستوى ليس أدنى من النجوم الأخرى
ثابت لا يتحرك هنا أو هناك
شأن كل النجوم الثوابت – لا يتغير من حيث الإشارة أو الحجم
وتأكد كل هذا ببرهان عقل هو الأصدق والأنقى
وليس له وضع آخر في النظر إليه من على الأرض
بسبب محيط السماء المهول من حولنا (*)

ولكن مع اطراد زيادة شــهرة غاليليو بين الناس، بدأت حياته الخاصة تفرض عليه المشــكلات. ففي العام 1605 أقام كل من زوجي أختيه دعوى قضائية ضده (في فلورنســا) لعدم سداد الأقساط الواجبة عليه بناء على صداق كل من أختيه. ولكن جيان فرانسيسكو ساغريدو، أحد وهو نبيل من فينيسيا ويصغر غاليليو بتسع سنوات، سدد نيابة عنه مصروفات المحكمة، وبذل كل ما يستطيع لتأجيل الدعوى القضائية، غير أن غاليليو اضطر مع حلول صيف 1605 إلى زيارة فلورنسا للدفاع عن قضيته. وحدث في هذا الوقت ما أدخل الراحة إلى نفســه، إذ إن دوقة توسكانا العظيمة كريستينا

(*) الترجمة عن رستون.

طلبت من غاليليو أن يعلم ابنها كوسـيمو المراهق كيفية استخدام البوصلة العسكرية التي اخترعها غاليليو فضلا عن تعليمه الرياضيات عامة. وبدت هذه إشـارة واضحة على وضع غاليليو المميـز داخل البلاط (ربما اقترن هذا ببعض الضغوط المباشـرة من كرستينا على السلطة القضائية)، وأدى هذا إلى أن تم إسـقاط الدعاوى ضـد غاليليو في صمت، ولو مؤقتا على الأقـل. ولكن الزيـارة أدت أيضا إلى إحياء رغبة غاليليـو في العودة إلى توسـكانا ليقضي الجزء الباقي من حياته، مفضلا أن يقترن هذا بمنصب في البلاط يحرره من عناء مهام المحاضرات (*). وبدا هذا احتمالا واقعيا نظرا لأن عالم رياضيات البلاط في فلورنسـا (أوسـتيليو ريتشـي، الذي سبق أن وجه غاليليو إلى مجال الرياضيات) وافته المنية العام 1603 وظل منصبه شـاغرا. وبدأ غاليليو يناضل من أجل العودة لهذا المنصب ونشـر دليل التعليمات الخاصة بالبوصلة التي اخترعها فصدر في طبعة محدودة في شكل كتيب أهداه إلى الأمير كوسيمو أمير ميديتشي في العام 1606. وأعيد تعيين غاليليو في منصبه في بادوا (مع زيادة في راتبه) إلا أنه أبقى خطوط الاتصال مع توسكانا مفتوحة إلى حد كبير للغاية.

وبينما كان غاليليو مسـتغرقا في تأملاته عن التغيرات الكبرى في حياته الشـخصية، ويسـتجمع كذلك شـتات المادة الموزعة على مدى سنوات عمله التجريبي لضمها في كتاب شرع يخطط له، تغير الوضع السياسي في إيطاليا تغيرا جذريـا. إذ تم انتخاب بولس الخامس، العام 1605 بابا جديدا، وعقد العزم على بذل الجهد لتوسـيع نطاق سلطة الكنيسة، وأن يشدد من القبضة البابويـة على الدويـلات الكاثوليكية. وبدا أن العقبـة المفاجئة التي واجهت البابا فـي نطاق اهتمامه هي افتقاره لأي جيوش خاصة به وذات قوة وبأس، وطبيعي أن توسـيع نطاق نفـوذه يعني إما الاعتماد على السـلطات الأمنية للآخرين وإما أن يمارس سلطانه الروحي (بمساعدة محاكم التفتيش). وكانت فينيسـيا هي الشوكة المميزة في حياته، وبسـبب باولو ساربي إلى حد بعيد، الذي أصبح مستشـارا لاهوتيا للدوج، وأكد صراحـة أن الطريق إلى ملكوت

(*) ربما أراد غاليليو أيضا أن يحمي ظهره، وذلك بأن جعل جميع الخيارات مفتوحة، نظرا إلى أن مناقشته بشأن النجم الجديد أثارت بعض المعارضة في بادوا، كما أنه سأل سلطات ميديتشي مساندة أمر تجديد منصبه المنتظر هناك.

السموات ماثل في الأعمال الروحية وحدها وأنكر ما يسمى بـ «الحق الإلهي» للملوك والبابوات والذي يسمح لهم بممارسة سلطان سياسي باسم الرب. ونجد على الجانب الآخر من الحوار أن الدعم الفكري الرئيسي لفكرة هذا الحق الإلهي مصدرها الكاردينال روبرتو بيلارمين الذي يعتبر القوة الحقيقية إلى حد كبير جدا وراء العرش في روما خصوصا أن بول الخامس يعرف أنه إلى حد بعيد مدين بمنصبه لقرار بيلارمين بألا يسمح بأن يكون اسمه موضوعا للمناقشة أو التفكير. وثمة جوانب أخرى للخلاف لن نتعرض لها هنا نظرا لأن تأثيرها على حياة غاليليو تأثير غير مباشر. والنتيجة أن أصدر البابا في العام 1606 قرارا بحرمان الدوج (الرئيس) صاحب السلطة في فينيسيا هو وجميع العاملين معه، بمن فيهم ساربي. وسادت بين قساوسة فينيسيا محاولات لسبر غور الذات لفهم حقيقة الدوافع والمعتقدات، غير أن الجمهورية أغفلت قرار الحرمان وواصلت طريقها كالمعتاد (بما في ذلك الطقوس والخدمات الدينية). وردا على ذلك طردت جمهورية فينيسيا جميع اليسوعيين. وهكذا أخفق بوضوح النفوذ الروحي، بل والتهديد بنار جهنم، في توسيع نطاق السلطة البابوية في هذه الحالة، وبدا لفترة من الزمن أن البديل الوحيد، وهو الحرب، احتمال قائم، خصوصا بعد أن وقفت إسبانيا الكاثوليكية في صف البابا تدعمه، بينما قدمت فرنسا (وأغلبها بروتستانتي وقتذاك) العون والتأييد لفينيسيا.

ومرت الأزمة بعد بضعة شهور، ولكن بعد أن هدأت حدة التوتر استدعت روما ساربي للدفاع عن آرائه اللاهوتية مع بيلارمين، وقيل له هناك «إنهم سوف يدللونه ويستقبلونه استقبالا حسنا». بقوله لأصدقائه إنه يعرف جيدا شيئا واحدا فقط، وهو أن الحجج التي تستخدمها الفاتيكان تشتمل على الحبل والنار، أي الإعدام شنقا أو حرقا، ولهذا رفض ساربي قائلا إنه مشغول جدا بأمور تخص الدولة في فينيسيا. ومنعه سيناتور الفاتيكان بقرار رسمي من مغادرة الجمهورية،

رغبة منه في مساندته. وإذ عجز الفاتيكان عن إحراق ساربي، فقد أحرقت كتبه بدلا عنه، وهنا ضاعف سيناتور الفاتيكان راتبه على الفور. وهكذا كسبت فينيسيا المعركة السياسية مع روما، وأصبح نفوذ ساربي في

الجمهورية أقوى مما كان في الســـابق. ولكن في ليلة الســـابع من أكتوبر، انقض خمســـة رجال بهمة قاسية على ساربي في الطريق، وطعنوه خمس عشـــرة طعنة وتركوه وخنجر صغير مســـتقر في رأسه، إذ نفذ من صدغه الأيمن إلى خده الأيســـر. ولكن الشـــيء المذهل أن ســـاربي بقي على قيد الحياة (مثلما حدث للقتلة الذين فروا إلى روما).

حزن غاليليو بشـــدة بســـبب المحاولة التي اســـتهدفت حياة ســـاربي، وأدرك أن جمهورية فينيســـيا، وإن كانت قـــادرة على التصدي لروما، فإن الأفراد الذين أخفقـــوا في الالتزام الصارم بالنهج الكاثوليكي ســـيكونون فـــي خطر في أي مكان في إيطاليا. وبالإضافة إلى ذلك، فقد حل شـــتاء العام 1608/1607 قاسيا على غير العادة، وتساقط ثلج كثيف في بادوا. وعـــاودت غاليليو في شـــهري مارس وأبريل من العـــام 1608 آلام التهاب المفاصل القاســـية التي لم يكف عن الشكوى منها. ولكنه، وعلى الرغم من كل هذه المصاعب، استمر في إعداد كتابه الملحمي عن الميكانيكا، والقصور الذاتي، والحركـــة. وفي هذه الفترة تحقق غاليليـــو بالدليل والبرهان من أننا إذا أطلقنا قذيفة مدفع، أو قذفنا جســـما ما في الهواء، فإن أيا منهما ينطلق في مسار قطع مكافئ، أي منحنى ذا صلة بشكل قطع ناقص مفتوح مـــن طرف واحـــد. ولكن حتى مع بداية القرن الســـابع عشـــر كان لايزال كثيـــرون يظنـــون أننا إذا أطلقنـــا قذيفة من مدفع في مســـار أفقي فإنها ستنطلق لمسافة ما في خط مستقيم، ثم تسقط رأسيا على الأرض. ولحظ مـــن هم أكثر حرصا وإدراكا (أو لنقل خمنوا) أن القذيفة تنطلق عمليا في مســـار منحنى، ولكن أحدا لم يكن يعرف شـــكل المنحنـــى، إلى أن ظهرت أعمال غاليليو. أو حتى إذا ما كان شكل المنحنى واحدا دائما بغض النظر عن سرعة وثقل القذيفة. وأوضح أيضا أن القذيفة إذا أصابت هدفا على الارتفاع نفســـه الذي فيه المدفع فوق ســـطح البحـــر فإنها تصيب الهدف بالسرعة نفسها التي انطلقت بها من المدفع (مغفلين مقاومة الهواء).

وأدى قلق غاليليو بشـــأن المال وصحته العليلة إلى الانشـــغال عن عمله في صيف 1608، عندما اســـتدعته كريستينا إلى فلورنسا للإشراف على بنـــاء منصة خشـــبية ضخمة فوق نهر أرنو، لاســـتخدامها في حفل زفاف

ابنها الذي أصبح يحمل اسم الدوق الأعظم كوسيمو الثاني، عقب وفاة فرناندو. ولم يكن بوسع غاليليو رفض دعوة من كريستينا (*) مهما كانت أهمية المشروع الذي بين يديه، ورأى في هذه الدعوة إشارة ترحيب تفيد بأنه لاتزال له مكانة محببة في فلورنسا، حيث لايزال منصب عالم رياضيات البلاط شاغرا. ولكن كانت المشكلات المالية، مازالت تحاصره، فضلا عن الخوف من أن يغدو هدفا للفاتيكان، إذ من المعروف مساندته لفكر كوبرنيكس فضلا عن صداقته مع ساربي. فكان غاليليو يطمح لفكرة عظيمة يحولها إلى ميزة عملية تؤمن وضعه المالي خلال الفترة الباقية من حياته. وهذه هي النقطة تحديدا التي تبدأ منها غالبية قصص إسهامات غاليليو في العلم.

ليبيرشي يعيد اختراع التلسكوب

سمع غاليليو لأول مرة شائعات عن اختراع التلسكوب في يوليو 1609 (أو تحديدا، إعادة اختراع، ولكن أنباء تلسكوبات ديغز لم تنتشر وتذيع أبدا في القرن السادس عشر)، وحدث ذلك أثناء زيارة له لفينيسيا. وتواترت الأنباء بطيئة جدا إلى إيطاليا في هذه المناسبة، منذ أن حضر هانز ليبيرشي، وهو صانع نظارات مقره في هولندا، ومعه اكتشافه مصادفة في الخريف السابق، وفي ربيع العام 1609 كانت تلسكوبات مبكرة تكبر الجسم المرئي ثلاث مرات معروضة للبيع باعتبارها لعب أطفال في باريس. وعندما سمع غاليليو شائعات عن هذه الآلة العجيبة، سأل صديقه القديم ساربي المشورة، وأدهشه أن ساربي سمع هذه القصص منذ بضعة شهور مضت، وناقش الأمر عبر رسائل بينه وبين جاك بادوفير وهو نبيل فرنسي مقيم في باريس، وكان يوما أحد تلاميذ غاليليو. ولكن ساربي لم ينقل الأخبار إلى غاليليو، إذ إن رسائلهما المتبادلة توقفت إلى حد ما نظرا لانشغال ساربي بعمله مستشارا لعضو الشيوخ وكذلك بسبب المتاعب التي ألمت بساربي بعد نجاته من محاولة الاغتيال. وعلى الرغم من أن ساربي

(*) يمكن الحكم على أهمية كريستينا على ضوء أنها احتفظت بلقب الدوقة العظمى حتى بعد أن تزوج كوسيمو الثاني (إذ حصلت زوجته على لقب الأرشيدوقة لا غير)، وبعد وفاة كوسيمو العام 1621، تم تعيينها وصية على العرش مع أرملته، وقتما كان ابنها فرناندو الثاني قاصرا.

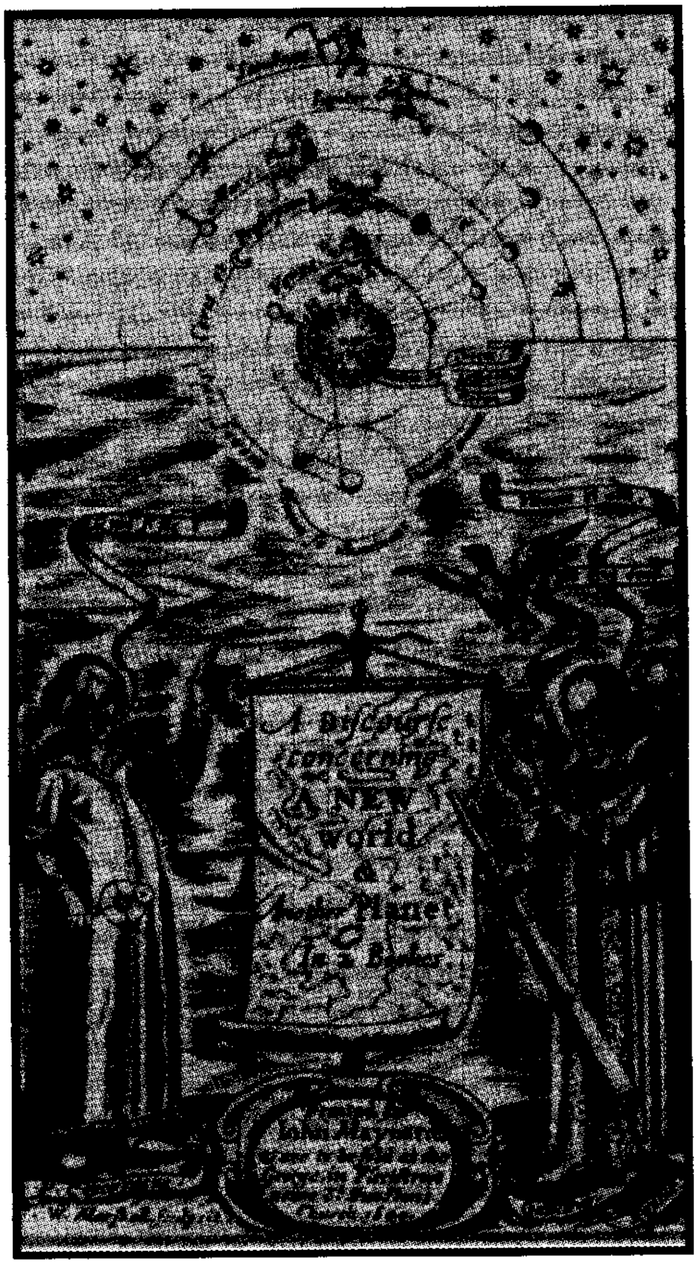
ربما أبطأ في إدراكه لأهمية الاكتشـــاف، فإن غاليليو أدرك على الفور أن آلة بإمكانها أن تجعل الأشياء البعيدة مرئية بوضوح ستكون بالغة الأهمية عســكريا، فضلا عن أهميتها تجاريا لجمهورية فينيسيا؛ حيث إن الثروات تكون فـــي الغالب الأعم رهن مَن يحدد أولا وقبل غيره أي الســفن أقرب إلى الميناء. ولا بد أنه أدرك، وفقا لهذه المقولة، أن قاربه قد اقترب أخيرا، وعرف أفضل سبيل لاستثمار هذه الأنباء لفائدته.

تطويرات غاليليو بعد ذلك

لكنـــه تأخر تقريبا. إذ في مطلع أغســطس، وبينما غاليليو لايزال في فينيســيا، ســمع أن هولنديا وصل إلى بادوا ومعه إحدى الآلات الجديدة. عاد غاليليو فــورا إلى بادوا ولكن ليجد أنه لم يلحق بالغريب، الذي وصل الآن إلى فينيســيا بهدف بيع الآلة للدوج (الرئيس). شــعر غاليليو بالقلق خشية أن يخسر الســباق، وعكف بشكل محموم في محاولة لصنع واحدة بنفســه، دون أن يعرف شــيئا عن الآلة أكثر من أنها تشتمل على عدستين داخل أنبوب. وتجلت إحدى مميزات غاليليو المذهلة في كل حياته العملية، ذلك أنه خلال 24 ساعة صنع تلسكوبا أفضل من أي شيء آخر معروف في زمنه. وإذا كان التلسكوب الهولندي استخدم عدستين محدبتين، بحيث ترى الصورة مقلوبة، استخدم غاليليو عدسة مقعرة وأخرى محدبة، بحيث ترى الصورة في وضعها المعتدل العادي. وفي الرابع من أغســطس بعث رسالة مشــفرة إلى ساربي في فينيسيا يخبره بما أحرزه من نجاح؛ ولكن ساربي، باعتباره مستشـــار المجلس الأعلى للولايات، أرجأ اتخاذ أي قرار بشأن ما عسى أن يفعله مع الزائر الهولندي، بقصد أن يعطي غاليليو فرصة لصنع تلســكوب له قوة تكبير تصل إلى عشـــر مرات ووضعــه في حقيبة جلدية مخصصة للآلة. وعاد إلى فينيسيا في نهاية أغسطس حيث أجرى تجربة بالتلســكوب أمام المجلس الأعلى للولايات، فكانــت التجربة حدثا مثيرا. وحيث إن غاليليو تميز بأنه سياســـي فطن، فقد أهدى التلسكوب للرئيس (الدوج). وابتهج الدوج والمجلس الأعلى لذلك وعرضوا على غاليليو تثبيته في منصبه في جامعة بيزا مع مضاعفة راتبه إلى 1000 كراون في السنة.

وقبل غاليليو على الرغم من أن زيادة الراتب سيبدأ تنفيذها مع بداية العام، ومع هذا كله فسوف يلزمه الأمر بتحمل مهام التعليم المرهقة. ولكنه انطلق إلى فلورنسا ليجرب تلسكوبا آخر على مرأى من كوسيمو الثاني. وفي ديسمبر 1609 صنع تلسكوبا له قوة تكبير عشرين مرة (وصنع على الأقل تسعة تلسكوبات أخرى مثله من حيث القوة بحلول مارس 1610. وأرسل واحدا منها إلى أمير كولونيا وآخر إلى كيبلر، وهو الفلكي الوحيد الذي تلقى تكريما كهذا لاستخدام التلسكوب للتحقق من اكتشافات غاليليو). وباستخدام آلته، اكتشف غاليليو الأقمار الأربعة الأسطع ضوءا والأكبر حجما للمشتري في مطلع 1610. وأطلق بنفسه عليها اسم «نجوم ميديتشي»، تكريما لكوسيمو، وإن كانت معروفة لعلماء الفلك اليوم باسم أقمار أو توابع غاليليو حول المشتري. واكتشف غاليليو، بالآلة نفسها، أن درب التبانة مؤلف من كم هائل من النجوم المفردة، وأن سطح القمر ليس كرة منبسطة سوية تماما (كما يعتقد الأرسطيون)، بل تتخلله حفر، وعلى سطحه سلاسل جبلية تمتد عدة كيلو مترات (وقدر ارتفاع الجبال على أساس أطوال ظلالها على سطح القمر). وعرض جميع هذه الاكتشافات في كتيب بعنوان Siderius Nuncius أي «البشير النجمي»، صدر في مارس 1610. وأهدى الكتاب إلى - ومن غيره؟ - الدوق الأعظم كوسيمو الثاني الميديتشي.

وذاع صيت مؤلف «البشير النجمي» وأصبح ملء الآفاق في عالم أهل العلم والمعرفة (وتمت ترجمة الكتاب إلى اللغة الصينية بعد خمس سنوات من نشره)، وأضحى يمثل تكريما لأي ولاية عمل فيها، وبخاصة مهبط ميلاده. وفي مايو 1610، تلقى غاليليو عرضا قبله لشغل منصب كبير علماء الرياضيات في جامعة بيزا، وفيلسوفا وعالم رياضيات للدوق الأعظم دوق توسكانا على مدى الحياة، مع راتب قدره ألف كراون سنويا. وهكذا تحلل من مهام التعليم. وحتى تزيد حلاوة العرض، تحرر من أي التزام بسداد الأقساط التي يتعين عليه سدادها لمايكل أنجلو بشأن صداق الأختين، نظرا إلى أنه دفع بالفعل أكثر من حصته.



9 - كوبرنيكس وكيبلر وغاليليو مع تلسكوبه والنموذج الجديد للكون مأخوذ من معرض إنجليزي قديم لهذه الأفكار، 1640.

وشعر غاليليو بأنه غير ملتزم بشيء تجاه جمهورية فينيسيا، مؤكدا ذلك بقوله إنه ما دام لم يبدأ بعد تسلم الزيادة المرتقبة في راتبه، فإن هذا يعني أن الصفقة الجديدة لم تدخل حيز التنفيذ، ومن ثم عاد إلى فلورنسا للنهوض بواجباته الجديدة في أكتوبر. حدث هذا في الوقت ذاته الذي وصلته فيه أنباء بأن كيبلر رصد بالفعل أقمار المشتري الأربعة. وأدى الانتقال إلى حدوث تغيرات كثيرة في حياة غاليليو الشخصية. إذ قررت مارينا غامبا البقاء في بادوا حيث عاشت بقية حياتها، وانفصل الاثنان

بشكل ودي فيما يبدو. وذهبت ابنتا غاليليو للعيش مع أمه في فلورنسا، وبقي ابنه مع مارينا لفترة من الوقت إلى أن بلغ سن الرشد ليلحق بأبيه. بيد أن هذه التحولات على ضخامتها تبدو صغيرة إذا ما قورنت بعش الدبابير الذي استثارته اكتشافات غاليليو العلمية الجديدة.

وظهر واضحا أن الأرصاد الفلكية برهان مباشر على دقة نموذج كوبرنيكس. ونعرف أن إحدى الحجج المضادة التي استخدمها المشاؤون في السابق، كمثال، هي أنه إذا كان القمر يتحرك في مدار حول كوكب الأرض فلن يكون في إمكان الأرض أن تتحرك في مدار حول الشمس في الوقت نفسه، ذلك لأن الأرض والقمر سيبتعد أحدهما عن الآخر. ولكن غاليليو اعتمد على اكتشاف أقمار المشتري الأربعة التي تدور في مداراتها حوله، والتي وضح أنها هي نفسها تدور في مدار حول شيء (أيا كان هذا الشيء هو الأرض أم الشمس لا يهم، فإن ذلك لن يؤثر في الحجة). وأوضح غاليليو اعتمادا على هذا الاكتشاف أن في الإمكان أن يبقى القمر التابع لكوكب الأرض في مداره حول الأرض، حتى مع حركة الأرض. وقبل أن يغادر غاليليو بادوا بفترة قصيرة، لحظ أيضا شيئا غريبا خاصا بظهور زحل، وإن كان لا بد من انتظار تفسير الظاهرة لحين دراسات كرستيان هوجينز. فقد بان بوضوح من هذا الاختلاف أن زحل ليس على شكل كرة كاملة. واكتشف غاليليو فور عودته إلى فلورنسا أطوار الزهرة، وأن التغيرات في مظهره تماثل أطوار القمر، وأن لا سبيل إلى تفسير هذه التغيرات إلا بقولنا إن الزهرة يدور في مدار له حول الشمس. بيد أن القصة لها إضافة وتكملة، وهي أن غاليليو سبق له أن تلقى رسالة من أحد تلامذته السابقين، بنيديتو كاستيللي، يوضح فيها أنه إذا كان نموذج كوبرنيكس صحيحا فإن الزهرة يجب أن تكون له أطوار! وعكف غاليليو على رصد الزهرة فور تلقيه الرسالة، وسرعان ما أجاب على كاستيللي في رسالة قائلا إن نبوءته صحيحة، وهذا مثال أصيل لفرض علمي يجري استخدامه للتنبؤ، ثم اختبار ذلك على أساس الملاحظة، وصولا إلى ما يدعم الفرض - وهذا مثال للتطبيق العملي للمنهج العلمي الحقيقي في أقوى صوره.

ولكن لا شـــيء من هذا أقنع عتاة الأرســطيين، الذين رفضوا ببساطة قبول ما رأته عيونهم عبر التلســكوب ونفوا عنه واقعيته، وتخيلوا أنه رؤية مصطنعة وليدة العدســات نفســها. وعمد غاليليو نفسه إلى اختبار هذا الاحتمال بأن رصد مئات الأجسام من خلال التلسكوب ثم يغلقه لكي يتبين إن كانت الآلة تفعل أي شــيء آخر غير التكبير، وخلص إلى نتيجة محددة وهــي أن ما يراه عبر الآلة حقيقي. ولكن على الرغم من أن تردد وإحجام الأرســطيين عن تصديق الدليل يبدو لنا أمرا مثيرا للضحك اليوم، بيد أن لهم بعض الحق في ذلك. ذلك أنهم اســتندوا إلى فكرة كان لها تأثير كبير في العلم الحديث، حيث يجاهد علماء الفلك لســبر أغوار الفضاء البعيدة في الكون، وحيث يعمل علماء الفيزياء الجســيمية على الغوص إلى أعماق البنيــة الداخلية للذرات والكيانات الأصغــر، ونحن نعتمد بثقة كاملة على ما تقوله لنا أدواتنا وطريقتنا في تفســير ما تقوله. ولكن يبدو واضحا في حــدود اهتمامــات غاليليو أن ما رآه حقيقي، بمعنــى الكلمة المتداولة في حياتنــا. ومن بــين الأمور الأخرى التي رصدهــا غاليليو أيضا خلال هذه الفترة تقريبا، من خلال التلســكوب، هو رصده أجساما سوداء على سطح الشــمس - البقع الشمسية. وســبق أن رأى هذا الظاهرة فلكيون آخرون، ولكن غاليليو لم يكن مدركا ذلك. وبدا أن وجود عيوب تشوه سطح الشمس مسمار آخر في نعش نظرية كمال السماء الأرسطية.

وعلــى الرغم مــن أن كل هذه البيانات والبراهين هــي يقينا مناهضة للفكر الأرسطي، وكان في الإمكان استخدامها لدعم النموذج الكوبرنيكي، غير أن غاليليو حرص أشــد الحرص على ألا يعلن صراحة تأييده لنموذج كوبرنيكــس، وذلــك لأنه يعي جيدا مصير برونو. وآثــر عرض دليله فقط ليدع المشاهدات وحدها تتكلم عن نفسها، على اقتناع تام بأن كنيسة روما ســتضطر إن آجلا أم عاجلا إلى قبول الآثار المترتبة. وكخطوة أولى على الطريق في هذا النهج بدأ غاليليو في مارس 1611 زيارة لروما، باعتباره السفير العلمي الرسمي لإمارة توسكانا. وبدت الزيارة التي استمرت حتى يوليو في ظاهرها انتصارا. ذلك أن الأمر لم يقتصر على اســتقبال البابا (لايزال بولس الخامس) غاليليو، بل أذن له بأن يخاطب قداسته واقفا بدلا

من أن يتحدث راكعا على ركبتيه. وحدث أن الكاردينال بيلارمين نفسه نظر من خلال تلسكوب غاليليو؛ وعين ما يمكن أن نسميه الآن لجنة فرعية من القساوسة المشهود لهم بالمعرفة الواسعة لاختبار مزاعم غاليليو بشأن الأداة. وخلص أعضاء اللجنة الفرعية اليسوعيين إلى ما يلي:

1 – درب التبانة مؤلف حقيقة من عدد هائل من النجوم.
2 – زحل له شكل بيضاوي، غريب مع نتوءات على الجانبين.
3 – سطح القمر غير مستو.
4 – المشترى له أربعة توابع (أقمار).

إذن بات الأمر رسميا. ولكن من دون ذكر أي شيء عن الآثار المحتملة لهذه الأرصاد.

وبينما كان غاليليو لا يزال في روما، أصبح أيضا عضوا فيما يعتبر أول جمعية علمية في العالم، وهم جماعة معروفون باسم الأكاديمية اللينكية (*)، والتي أسسها أربعة من الشباب الأرستقراطيين العام 1603. وأقامت الجماعة مأدبة على شرف غاليليو. وفي هذه المناسبة، جاء اسم التلسكوب لأول مرة ليطلق على آلة التكبير. وعرض غاليليو أيضا البقع الشمسية خلال فترة وجوده في روما مستخدما جهازا لعرض الصور هو الأحدث في عصره. وعرض صورة الشمس من خلال تلسكوب على شاشة بيضاء. ولكن يبدو أنه اعتبر اكتشاف هذه البقع على سطح الشمس حدثا غير بالغ الأهمية وقتذاك. وعاد إلى فلورنسا مكللا بالنصر في يونيو، وقد أضفى المجد لاسم توسكانا بفضل استقبال روما له، لأنه، وفق ما ظن هو، تلقى نوعا من الموافقة الرسمية على عمله.

أي رواية موجزة عن بقية حياة غاليليو سوف يسيطر عليها بالضرورة صدامه بعد ذلك مع السلطات في روما. بيد أن هذا أبعد ما يكون عن كل قصة حياته في شمولها، وجدير بنا معالجة هذه الفترة في عمل مستقل، والتي جرت أحداثها في صيف 1611، وتكشف بقوة عن اهتمام غاليليو الواسع وأسلوبه الواضح في تطبيق المنهج العلمي. في حوار دار بين الأساتذة في جامعة بيزا عن التكثف، دفع أحد زملاء غاليليو بأن الثلج يجب النظر

(*) Lyncean: بمعنى الأكاديمية حادة البصر نسبة إلى اسم نوع من القطط «الوشق» Lynx الذي يتميز بهذه الخاصية [المترجم].

إليه باعتباره شكلا من أشكال تكثف الماء، مادام أنه صلب والماء سائلا. ولكن غاليليو من ناحية أخرى دفع قائلا: مادام أن الثلج يطفو على سطح الماء، فلا بد أنه أخف وزنا من الماء، ومن ثم أقل كثافة (*). وقال الأستاذ الآخر لا، ليس كذلك. فإن الثلج يطفو لأن له قاعدة عريضة ومسطحة تحول دون دفعه إلى أسفل في الماء. ورفض غاليليو الحجة وفندها بأن أوضح أن الثلج لو شددته إلى أسفل تحت الماء ثم تركته فإن شكله العريض والمسطح لن يحول دون اندفاعه صاعدا إلى أعلى وسط الماء. ثم جرى جدال لمعرفة ما إذا كان من الممكن جعل الأجسام الصلبة المصنوعة من مادة واحدة (ومن ثم ذات كثافة واحدة) تغوص أو تصعد في الماء إذا ما غيرنا أشكالها فقط، وتمثلت حصيلة الحوار في أن غاليليو تحدى خصمه الرئيسي (الذى أثار حتى الآن اهتماما واسعا في بيزا) ليبين لهم بالتجربة إذا ما كانت الأجسام ذات التكوين المتماثل ولكنها مختلفة الأشكال، وتغوص تماما في الماء منذ البداية، سوف تعلو إلى السطح أم تبقى غارقة اعتمادا على طبيعة شكل كل منها. وجرت التجربة نهارا أمام الجميع وأثبتت فشل منافس غاليليو.

وليست الفكرة هنا أن أسلوب غاليليو في الاستدلال العقلي كانت صحيحة (وإن كانت كذلك فعلا)، وإنما المهم هو إصراره على اختبار هذا الاستدلال العقلي على أساس من تجارب نجريها في ضوء فكر واضح ودقيق، وعلى مشهد من الجميع، ثم علينا أن نقف في صف ما تنبأنا به التجارب - الأمر الذي كان لا يزال يمثل حدثا جديدا كل الجدة، حتى في العام 1611. وهذا هو ما جعله، في أعين الكثيرين، العالم الأول؛ وهذا هو أيضا الذي أقحمه أخيرا في صراع مع الكنيسة، على الرغم من الحفاوة الحارة التي لقيها في روما في سنة سابقة.

أفكار غاليليو عن كوبرنيكس تعتبر هرطقة

ظل غاليليو ملتزما جانب الحذر الشديد بشأن كل ما يثبته في كتاباته المطبوعة، بيد أنه، وعلى الرغم من هذا، شرع يتحدث بصراحة أكثر عن أفكار كوبرنيكس بعد النجاح الذي حققه في روما. ولكن أيا

(*) السبب في أن الثلج أخف وزنا من الماء يمثل قصة مثيرة للخيال في حد ذاتها، وسوف نتناولها فيما بعد.

كان مـــا تلفظ به غاليليو عن الموضوع علانية، فإن مشـــاعره الباطنية حول أفكار كوبرنيكس كانت موثقة بوضوح في رســـالة أرسلها هو إلى كرســـتينا الدوقة العظيمة (كتبها تحديدا في العام 1614) وقال فيها: «أومن بأن الشمس تحتل المركز وسط الأجرام السماوية التي تدور في أفلاكهـــا ولا تغير مكانها. وأومن كذلك بـــأن كوكب الأرض يدور حول نفســـه ويتحرك في مداره حول الشـــمس». لا شـــيء أوضح من ذلك. ولكن ماذا عما قد يســـاور كرستينا من قلق نظرا إلى أن هذا يتعارض مـــع ما نص عليه الكتاب المقدس؟ قال غاليليو: «عندما يثار خلاف في الرأي بشأن ظواهر طبيعية، يتعين علينا حينئذ ألا نبدأ بمرجعية النص المكتوب، بل بمرجعية التجربة الحسية والبراهين الضرورية التي تثبت صحة ذلك».

ولكـــن حذره العام ضعف ذات مرة، في العام 1613، عندما ألف كتيبا عن البقع الشمسية (وأصدرت الكتاب بالفعل الأكاديمية اللينكية). وتضمن الحدث جانبين مؤسفين. الأول، أعرب اللينكيون في مقدمة مستفيضة عن تقديرهم لغاليليو لاكتشـــافه البقع الشمسية، وأدى هذا إلى عراك حاد مع عالم الفلك كريســـتوف شـــينر الذي زعم (ربما عن صواب) أنه رآها قبل غاليليو (في الحقيقة، ســـبق الاثنين إلى هذا الاكتشاف الإنجليزي توماس هاريوت والهولندي يوهان فابريشـــيوس). ثانيا عـــرض غاليليو في تذييل كتاب البقع الشمســـية رأيه المنشـــور والوحيد الداعـــم لأفكار كوبرنيكس، واســـتخدم في عرضه هذا مثال أقمار المشترى لدعم قضيته. وأدى هذا، بالإضافـــة إلى تعليقاته غير المنشـــورة، والتي يؤيد فيهـــا كوبرنيكس، إلى توجيه النقد صراحة إليه. ولكن غاليليو الواثق من قضيته، وليقينه من أن لـــه أصدقاء في روما، حصل على إذن لزيـــارة روما في نهاية العام 1615 لتنقيـــة الجو، وكان غاليليو قد قارب آنذاك الثانية والخمســـين من العمر، وقد اعتلت صحته لفترة. وعارض بهذا نصيحة خاصة من سفير توسكانا في روما، الذي قال له عما يســـود بعض الأوســـاط في روما من مشـــاعر عداء ضد غاليليو، على الرغم مما بدا من نجاح لزيارته العام 1611(وهو النجاح الذي رآه خصومه نجاحا زائدا على الحد). وأشـــار عليه الســـفير

أن زيارة أخرى ستجعل الأمور أكثر سوءا». ولكن وعلى الرغم من هذه التحذيرات، حل غاليليو ضيفا رسميا على السفير في مقر إقامته في روما في 11 ديسمبر 1615.

ولكن وجود غاليليو في روما جعل قضيته هي الشغل الشاغل على نحو لم يتوقعه. وبناء على مشورة بيلارمين (الذي أصبح في الثالثة والسبعين من العمر، وإن كان لا يزال هو القوة الفاعلة وراء عرش القديس بطرس)، شكل بول الخامس لجنة بابوية لكي تقرر ما إذا كانت أفكار كوبرنيكس هرطقة أم لا. وانتهت اللجنة إلى قرار رسمي يقضي بأن فكرة أن الشمس مركز الكون هي رأي «سخيف وباطل... ويعتبر رسميا هرطقة». واستطردت اللجنة بالقول «إن الفكرة الزاعمة بأن كوكب الأرض يدور في الفضاء أقل ما توصف به أنها خطيئة في حق الإيمان».

وما حدث بعد ذلك تحديدا، وفيما يخص غاليليو، هو مجرد خلاف بين المؤرخين، بسبب بعض الغموض في الوثائق الباقية. بيد أن ستيلمان دريك، من جامعة تورنتو، اكتشف ما يبدو الرواية الأكثر احتمالا عن أحداث آخر فبراير 1616، في ضوء ما حدث لاحقا. إذ في 24 فبراير، أصدر بول الخامس تعليماته إلى بيلارمين، باعتباره الممثل الشخصي للبابا، بأن يخبر غاليليو بأن عليه «ألا يؤيد أو يدافع» عن أي من الفكرتين التي أصدرت اللجنة حكما بشأنهما. أي بعبارة أخرى، أن غاليليو أخطأ إذ آمن بنظرية كوبرنيكس، وواجبه ألا يدافع عنها، حتى وإن كان من منظور نصير الشيطان، كما يقال. ولكن تعليمات البابا مضت إلى أبعد من ذلك. إذن، وفقط إذا اعترض غاليليو على هذا التوجيه، يتعين تحذيره رسميا من محاكم التفتيش (الذراع القضائية سيئة السمعة للبابوية والمسؤولة عن مكافحة الهرطقة)، وأن يتم هذا بحضور الموثق العام وشهود، والتأكيد عليه بألا «يؤيد، وألا يدافع عن، أو يعلم أفكار كوبرنيكس». والفارق الحاسم هنا أنه من دون هذا التحذير الرسمي كان في إمكان غاليليو الاستمرار في تعليم طلابه أفكار كوبرنيكس بل وأن يؤلف عنها شريطة الحذر من أن يوضح أنها أفكار هرطقة وأنه، أي غاليليو، لا يقر بصحتها.

وفي 26 فبراير التقى بيلارمين غاليليو لينقل إليه قرار البابا. ولسوء الحظ أن ممثلي محاكم التفتيش والشهود والجميع كانوا موجودين في القاعة نفسها، وعلى أهبة الاستعداد للتدخل إذا أبدى غاليليو أي بادرة للتردد في المضي قدما مع ما سوف يبلغه به بيلارمين. والتقى بيلارمين غاليليو عند الباب وأسر إليه بأن عليه، ومهما حدث فيما بعد، مسايرة ما يجري وعدم إثارة أي اعتراضات. أنصت غاليليو باهتمام لتحذير البابا، وهو يعرف جيدا من هؤلاء الآخرين الموجودين في القاعة، وبالفعل لم يعترض. وعند هذه النقطة تدخل ممثلو محكمة التفتيش، عاقدين العزم على استثارة وتوريط فريستهم، وأعلنوا التحذير الحاسم الثاني الذي تضمن الإشارة إلى التعليم. استشاط بيلارمين غضبا (أو أنه على الأقل أظهر انطباعا جيدا بذلك ليخفي مدلول تصرفاته)، ودفع غاليليو إلى خارج القاعة قبل توقيع أي وثيقة. بيد أن هذا لم يمنع أعضاء محكمة التفتيش من أن يودعوا السجل الرسمي مجموعة من «المذكرات» التي لا تحمل توقيعا ولا شهادة شهود أو شهادة الموثق العام. وبدأت الشائعات تتواتر وتنتشر، تفيد بأن محكمة التفتيش عاقبت بشكل ما غاليليو الذي ثبت أنه مذنب ارتكب خطأ ما هو (على الأقل) جنحة، مما اضطر غاليليو إلى إنكار جميع معتقداته السابقة وإعلان التوبة أمام محكمة التفتيش.

وواضح أن بيلارمين شرح حقيقة الموقف للبابا بول الخامس، خاصة وأن غاليليو حضر في 11 مارس اجتماعا وديا مطولا مع البابا، الذي قال له تحديدا ألا يقلق بشأن منصبه مادام بقي بول الخامس على قيد الحياة. ولكن غاليليو الذي لم يزايله القلق عاد ثانية واستشار بيلارمين، الذي كتب رأيا مشفوعا بالقسم أن غاليليو لم ينكر أو يستنكر ولا أبدى أي شكل من أشكال التوبة كما لم تصدر بحقه عقوبة بسبب آرائه، وإنما تم فقط إخطاره بالمرسوم العام الجديد الذي يشمل كل أبناء الإيمان المسيحي. وإذ أصبح غاليليو واثقا من أنه آمن، على الأقل للفترة الراهنة، عاد إلى توسكانا.

وتوالت الأمراض على غاليليو التي دمرت حياته فيما بعد (إذ إنه بالإضافة إلى التهاب المفاصل، عانى من حالة فتاق شديدة القسوة أصابته بعجز كامل لفترات كثيرة)، وواصل تأليف كتابه الملحمي ولكن بوتيرة

بطيئة، ولم يكف عن إنجازه العلمي وهو في الخمسينيات والستينيات من العمر، بما في ذلك محاولة استخدام حركات أقمار المشتري المنتظمة، والتي يمكن التنبؤ بها، كنوع من الساعة الكونية التي يمكن أن يهتدي بها الملاحون لمعرفة الوقت الحقيقي وهم في عرض البحر، ومن ثم يحددون خط الطول الذي هم فيه (وهذه فكرة جيدة من حيث المبدأ، وإن كانت عمليات الرصد الدقيقة اللازمة لذلك لم تكن عملية بالنسبة إلى سفينة مثقلة بأحمالها في البحر)، وأجرى دراسة مهمة عن المغناطيسية. وتأتى له كل هذا تأسيسا على التغير الذي طرأ في حياة غاليليو الشخصية، ذلك أنه من ناحية، واعترافا بسنه المتقدمة، انتقل غاليليو العام 1917 إلى فيلا أنيقة - أقرب إلى القصر - معروفة باسم بيلّوسغواردو ومقامة فوق تل وتطل على غرب فلورنسا. وارتبط هذا الانتقال بدخول ابنتيه، فرجينيا البالغة من العمر 16 عاما وليفيا 15 عاما، إلى الدير القريب من آرتشيتري، حيث أصبحتا عضوتين ضمن الأخوية الرهبانية بوركليرز. ولم يكن دخولهما الدير نتيجة اقتناع ديني عميق من ناحيتهما. ورأى غاليليو في ذلك السبيل الوحيد لتأمين مستقبل ابنتيه غير الشرعيتين، مادام لن يتزوج بهما رجل محترم من دون صداق ضخم، وهو عازف تماما عن توريط نفسه في مسائل تتعلق بالصداق مرة ثانية. وعندما التحقتا بالأخوية الكهنوتية، حملت فرجينا اسمها الجديد وهو ماريا سيليست وأصبحت ليفيا تعرف باسم أركانجيلا. وحرص غاليليو على أن يكون قريبا من ابنتيه جغرافيا وعاطفيا، كما توالت زياراته للدير؛ وبقيت لنا رسائل متبادلة بين غاليليو وماريا سيليست تكشف عن رؤية نافذة وقريبة عن حياة غاليليو فيما بعد.

أما عن الجانب العلمي، فإن غاليليو لم يكن ليستقر في بيلّوسغواردو حتى تورط في مناظرة جديدة. إذ حدث أن شوهدت ثلاثة مذنبات في العام 1618، وأصدرت جماعة من اليسوعيين (من بينهم شينر) تفسيرا من نسج الخيال عن أهمية ودلالة الحدث، ورد غاليليو على روايتهم بعبارات قاسية، وأشار ساخرا إلى أنهم فيما يبدو يظنون أن الفلسفة رواية خيالية من تأليف روائي ما، مثل الإلياذة، واستطرد قائلا إن كتاب الكون

> لن يفهمه المرء ما لـــم يتعلم أولا كيف يفهم اللغة ويفهم الأبجدية المكتوب بها. إنه مكتوب بلغة الرياضيات، وأحرفه هي المثلثات، والدوائر، وغير ذلك من أشكال هندسية، وإنه من دونها سيكون من المستحيل بشريا فهم كلمة واحدة منه، ومن دونها سيجول المرء وسط متاهة مظلمة.

وكـم كان علـى حق، إذ هذه في الحقيقة قسـمة مميـزة للعلم الحق. وللأسف، أن تفسـير غاليليو للمذنبات في هذه المناسبة كان خطأ أيضا، وليـس هنا ما يدعونا إلى الحديث عن تفصيـلات حجته. بيد أن غاليليو صعد من مشـكلاته مع روما حين قال إن اليسـوعيين يتعاملون بأسـلوب الحكايات الخيالية بينما هو يتعامل مع حقائق.

وفي مطلع عشـرينيات القرن السـابع عشـر، وبينما مـال ميزان حرب الثلاثين عاما مؤقتا لمصلحة الجانب الكاثوليكي، تغير الموقف السياسـي في إيطاليا على نحو من شـأنه أن يؤثر في غاليليو بشـكل جذري. إذ في العام 1621، توفي ثلاثة من الضالعين بقوة في نزاعاته مع روما - كوسـيمو الثاني، الذي شـمله بحمايته في توسـكانا (وقد وافته المنية في سن مبكرة وهو في الثلاثين من عمره)؛ والبابا نفسه، بول الخامس؛ وواحد من أهم الشخصيات التي ارتبط بها غاليليو في روما، وهو الكاردينال بيلارمين (قبل أسـابيع من بلوغه سـن التاسعة والسبعين). وأدت وفاة كوسـيمو الثاني إلى أن أصبحت شـؤون توسـكانا بين يدي زوجته وأمه، باعتبارهما وصيتين على فرديناندو الثاني، الذي كان في الحادية عشرة من العمر. وعلى الرغم من أن غاليليو لا يزال موضع ترحيب في البلاط، فإن خلافة قاصر في العرش أمر من شـأنه أن يضعف كثيرا من نفوذ توسـكانا في مجال السياسـة الإيطالية، ويقلل من قدرة إمارة توسـكانا على حماية أي شـخص لا ترضى عنه روما. وأدت وفاة بيلارمين إلى أن أصبح غاليليو من دون شـهادة ودية لمصلحته على الأحداث الحاسمة في العام 1616، وإن ظل غاليليو محتفظا برواية بيلارمين مكتوبة. ولكـن وفاة بول الخامـس بدت لأول وهلة أنباء جيدة فـي حق العلم. وخلفه غريغوري الخامس عشـر، وهو بديل كهل توفي هـو الآخر في العام 1623، عندما بدت الأمور أخيرا تتغير إلى الأفضل لمصلحة غاليليو.

وقبيــل وفاة غريغوري الخامس عشــر، تلقى غاليليو إذنا رســميا من روما لنشر كتاب جديد تحت عنوان «المجرب» The Assayer، وهو حصيلة دراسته عن المذنبات، وإن اشتمل في ختامه على مجال أوسع نطاقا موضحا طبيعة القضية العلمية بجلاء، ونقلنا عنه الاقتباس الشــهير الذي أسلفناه ويتحــدث عن أن قصة الكون مكتوبة بلغة الرياضيات. وبدأ غاليليو كذلك يكســب أصدقاء جددا في مراكز رفيعة، أحدهم فرانسيســكو باربيريني، وهو من أبناء أسرة من أقوى الأسر نفوذا في روما (*)، وحصل على درجة الدكتــوراه من جامعة بيزا العام 1623. وفي يونيو من العام نفســه تلقى غاليليو رســالة من الكاردينال مافيو باربيريني، عم فرانسيســكو (ورجل ســبق له أن قال مديحــا زائفا لغاليليو، مطبوعا، عــن إنجازاته العلمية)، يشكره على المســاعدة التي قدمها غاليليو لابن أخت الكاردينال. وفاضت عبارات الرسالة بالمشاعر الودية. وقال الكاردينال إن عائلة باربيريني «على استعداد لخدمتك دائما». توفي غريغوري الخامس عشر بعد أسبوعين من كتابة هذه الرســالة. وكان خليفته المنتخب هو الكاردينال مافيو باربيريني، الذي اتخذ اســم أوربان الثامــن، واتخذ كذلك عدة إجــراءات، من بينها تعيين ابن أخته فرانسيســكو كاردينالا. وتحرك أعضاء جمعية «اللينكيان» بســرعة فائقة وبحنكة سياســية قبل طبع كتاب «المجــرب» (Assayer)، وقــرروا إهداءه إلى البابا أوربــان الثامن، وزينوا صفحة العنوان بشــعار أســرة باربيريني، ثلاث نحلات. ابتهج البابا لذلك، وطلب أن يتلى الكتاب عليه بصوت مسموع أمام طاولة، بينما يجلجل صوته ضاحكا للملاحظات الساخرة عن اليسوعيين.

وفــي ربيــع العام 1624، ســافر غاليليــو إلى روما لزيــارة صديقيه الباربارينيين. ومنحته السلطة ســتة لقاءات مع البابا، كما أهدته ميدالية ذهبيــة علاوة علــى تكريمه بأمور أخــرى (من ذلك معــاش مدى الحياة لابنه فينســينزيو)، وكتب البابا رســالة إلى فردينانــدو الثاني يزجي فيها المديح لغاليليو، ويســمو به إلى عنان الســماء. ولكن الجائزة الأعظم هي ســماح البابا بتأليف كتاب عن نموذجي الكــون (أو منظومتي العالم، كما

(*) أسرة ذات نفوذ قوي، ولكنها في النهاية غير محبوبة على نطاق واسع. ونجد الأجيال التالية من الرومان شرعوا يسخرون قائلين إن ما أخفق البرابرة في تخريبه، سرقه البربيرينيون.

كان اسمهما وقتذاك)، النموذج البطلمي ونموذج كوبرنيكس. وكان شرط التعاقد الوحيد هو عرض النموذجين من دون انحياز، ومن دون الدفاع عن منظومة كوبرنيكس، والاقتصار على الحجج الفلكية والرياضية الخاصة بالطرفين. وسمحت له السلطات بتدريس الكوبرنيكية، وليس الدفاع عنها.

وعلى الرغم من أن غاليليو ظل يراوده حلم تأليف مثل هذا الكتاب زمنا طويلا (ولم يكد يبدأ في تسطير مسودات بعض فصوله)، فإن تأليفه استغرق منه وقتا طويلا، مثلما كان الحال في الحلم به. إذ علاوة على اعتلال صحته الذي لازمه، وضعف بنيته المتزايد، فإن الأسباب التي شغلته إلى حد بعيد عن ذلك هي أن غاليليو في هذه الفترة كان من أول من سعوا إلى تطوير ميكروسكوب مركب فعال، يشتمل على عدستين في كل مسطح ذواتي شكل محدب مضاعف (ما يسمى في اللغة الحديثة «تشكيل العدسات»، بدلا من أن تكون العدسات مسطحة ومستوية من أحد جانبيها وناتئة من الجانب الآخر). ولكن صعوبة صقل هذه العدسات كان هو السبب في تأخر ابتكار الميكروسكوب، ولن نجد شيئا يعبر عن مهارة غاليليو في هذا الفن أفضل من عمله الرائد لاختراع الميكروسكوب. (ولهذا السبب نفسه كانت تلسكوبات غاليليو هي الأفضل في العالم طوال حياته، على الرغم من أنه كثيرا ما اشتكى من صعوبة الحصول على ما يكفي من زجاج لهذه العدسات). وصدرت في روما في العام 1625 أول مصورات دقيقة للحشرات، وهي صور مأخوذة من رسوم لغاليليو، وقد استخدم الميكروسكوب في رسمها، وانقضى وقت طويل قبل أن يدرك المجتمع الأثر الكامل للآلة الجديدة، وكثيرا ما توارى دور غاليليو بالنسبة إلى هذا الابتكار وراء وهج جميع إنجازاته الأخرى.

غاليليو ينشر «حوار حول منظومتي العالم الرئيسيتين»

اكتمل في نوفمبر في العام 1926 كتاب غاليليو «حوار حول منظومتي العالم الرئيسيتين» والذي يشار إليه عادة بكلمة «الحوار». وواضح من العنوان أنه أخذ شكل حوار متخيل بين اثنين، سالفياتي (مدافعا عن قضية كوبرنيكس) وسيمبليسيو (مدافعا عن قضية بطليموس). وجدير بالذكر أن

خطة مثل هذا الحوار قديمة، وتعود إلى قدامى الإغريق، وهي في الأساس تمثل أسلوبا جيدا للتعريف بالأفكار غير التقليدية (أو الهرطقة في هذه الحالة) من دون دعمها تحديدا. بيد أن غاليليو لم يستن هذه السنة التقليدية. إذ كان يوجد بالفعل شخص يدعى فيليبو سالفياتي، وهو صديق مقرب لغاليليو، وتوفي العام 1614، والحقيقة أن اختيار غاليليو لهذا الاسم لتجسيد شخصية الكوبرنيكي إنما يعني أن غاليليو اتخذ لنفسه منحنى خطرا أقرب إلى التماهي هو نفسه مع وجهة النظر هذه إلى العالم. وكانت هناك أيضا شخصية حقيقية تدعى سيمبليسيو (بالدقة سيمبليسيوس)، وهو يوناني من القدماء كتب تعليقا على كتاب أرسطو، ولهذا يمكن الدفع بأن هذا الاسم ملائم تماما لشخص يؤيد بطليموس (وأرسطو) في «الحوار». ويمكن الدفع أيضا بأن الاسم يفيد ضمنا بأن الساذج البسيط (*) هو وحده الذي له أن يؤمن بأن منظومة بطليموس صحيحة. ونجد صوتا ثالثا في الكتاب هو صوت «ساغريدو» وهو اسم لصديق قديم آخر من أصدقاء غاليليو، جيوفانفرنسيسكو ساغريدو، الذي توفي العام 1620. والمفترض أنه معقب محايد ينصت إلى الحوار بين سالفياتي وسيمبليسيو، ويثير نقاطا للمناقشة، ولكن الشخصية نزعت بشكل متزايد إلى تأييد سالفياتي ضد سيمبليسيو.

ومع هذا كله، بدا أول الأمر أن كل شيء، على ما يرام بالنسبة إلى الكتاب. ويتعين للحصول على الموافقة الرسمية النهائية للنشر، أن يمر الكتاب على رقيب في روما. وتصادف أن الرجل الذي وقع عليه الاختيار لأداء هذه المهمة هو أب دومينيكاني اسمه نيكولو ريكاردي، وكان هو الرقيب الذي أجاز كتاب «المجرب» (The Assayer)، ولم يطلب أي تغيير فيه. سلم غاليليو المخطوطة للرقيب ريكاردي في روما في مايو 1630، واضطر غاليليو إلى العودة إلى وطنه في يونيو، نظرا إلى انتشار الطاعون فجأة في جنوبي إيطاليا على نحو يهدد بالوصول إلى فلورنسا ومن ثم يعيق الاتصالات. وحصل الكتاب على إجازة طبع مشروطة، إذ طلب ريكاردو مقدمة جديدة مع إضافة خاتمة للكتاب توضحان أن موقف

(*) إشارة إلى اسم سيمبليسيو، المشتق من كلمة «Simple»، بمعنى البسيط. [المحررة].

كوبرنيكس قـــد عرضه المؤلف في صورة افتراضيـــة، ولكن الرقيب أبدى ســـعادته بمجمل المخطوطة، وصرح تأسيسا على ذلك لغاليليو بالعودة إلى الوطـــن. وكان مقـــررا أن يعد ريكاردي وزملاؤه التغييرات ويرســـلوها إلى غاليليو لإضافتها إلى الكتاب. ولوحظ عند وصول الإضافات إلى فلورنسا أن الرســـالة المرفقة والموجهة من ريـــكاردي تضمنت الجملة التالية «يمكن للمؤلف أن يغير أو يعدل الصياغة على ســـبيل التجميل، مع الحفاظ على الجوهـــر». وأخذ غاليليو العبارة على مدلولها الظاهري، وهو ما تبين بعد ذلك أنه خطأ جسيم.

وكانـــت هناك، إضافة إلى الطاعون، مشـــكلات أخرى أثرت في نشـــر الكتـــاب. إذ كان يتعـــين أن تصدره جماعة اللينكيان فـــي روما. ولكن وفاة الأمير فريدريكو تشيســـي، رئيس الجماعة، في أغســـطس 1630، جعلت كل أمور الجمعية في حالة من الفوضى (ويكفي أنه هو الممول لأنشـــطتها)، وصرحت الكنيسة بأن يتم الطبع في فلورنسا. ولكن طبع كتاب «الحوار» لم يبدأ إلا في يونيو 1631، ويرجع ذلك أساســـا إلى الصعوبات الناجمة عن الوباء الذي انتشر واستشرى وأفسد جميع الأنشطة العادية، ووصلت النسخ التي طُبعت لعرضها للبيع في فلورنســـا في مارس 1632، وأُرســـلت بضع نســـخ على الفور إلى روما، وأول شخص تسلم نسخة هناك هو الكاردينال فرانسيســـكو باربيريني، ابن أخت البابا الذي كتب إلى غاليليو رسالة عبر فيها عن استمتاعه الشديد بالكتاب. ولكن الآخرين كانوا أقل سعادة.

وعـــاد غاليليـــو ثانية في كتاب «الحوار» إلى إثارة الجدل بشـــأن البقع الشمســـية، ولم يســـتطع، للمرة الثانية، أن يقاوم بعض العبارات الساخرة إزاء شـــينر، وهي العبارات التي أثارت غضب اليســـوعي العجوز ورفاقه. ثـــم هناك موضوع المـــادة الإضافية التي أرســـلها الرقيب. وصلت المقدمة إلـــى غاليليـــو مكتوبة بأحرف طباعـــة مختلفة عن بقيـــة الكتاب، وهو ما يشـــير بوضوح إلـــى أنها لا تمثل آراءه هو. كذلك فـــإن كلمات الختام التي ترفـــض منظومة كوبرنيكس باعتبارها مجـــرد افتراض (هي في جوهرها كلمـــات البابا منقولة عـــن طريق الأب ريكاردي)، إنما جاءت على لســـان سيمبليســـيو. ولنا أن نقول بإنصاف كبير إنه لا توجد في الكتاب شخصية

يمكنهـــا أن تقـــول هذه الكلمات، مادام أن ســـاغريدو يقف في النهاية إلى صف ســـالفياتي. ولكن هناك من أشار على قداسته بأن غاليليو فعل ذلك عامدا لكي يوحي بأن أوربان الثامن هو نفســـه ســـاذج بســـيط، وأثار هذا غضب البابا مما جعله يقول بعد ذلك عن غاليليو: «لم يخف من السخرية بي» (*). وتمثلت حصيلة ذلك في أن أصدر البابا أمرا بتشكيل لجنة لبحث الأمـــر. وببحثهم عما يدين غاليليو توصل اليســـوعيون إلى ما ظنوه دليل إدانة: المحاضرة الرســـمية غير الموقعة لجلســـة العـــام 1616، التي تفيد بتوجيـــه غاليليو بألا «يتمســـك أو يدافع أو يعلِّم» نظريـــة كوبرنيكس عن العالـــم. وكان هذا هو الدليل القاطع الذي جعل أوربان الثامن يســـتدعي غاليليو إلى روما لمحاكمته بالهرطقة، أي لنشر كتاب سبق أن أجازه الرقيب الرسـمي وتلقى بشأنه غاليليو موافقة على الطباعة! وحاول كذلك إيقاف توزيـــع الكتاب، بيد أنها كانت محاولة متأخرة، نظرا إلى أن الطباعة تمت في فلورنسا.

مهددا بالتعذيب.. يرتد عن رأيه

وتذرع غاليليو بكبر الســـن والمرض (وقد عاوده المرض بالفعل) ليرجئ رحلته إلى روما إذ كان يعرف مثلما كان يعرف صديقه القديم باولو ساربي (الـــذي توفي العـــام 1623) معنى هذه الدعوة من رومـــا. وحاول التماس مســـاعدة إمارة توسكانا لبذل الجهد لإيقاف محكمة التفتيش عند حدها، ولكـــن على الرغم مـــن أن فرديناندو الثاني تولى مهام واجباته الرســـمية باعتباره الدوق الأعظم في العام 1629، وهو في التاسعة عشرة من العمر، فإن صغر ســـنه وقلة خبرته يعنيان أن توسكانا لا يمكنها أن تهيئ لغاليليو مستوى الدعم نفسه الذي سبق أن قدمته فينيسيا لساربي.

والحقيقـــة أن غاليليو حين وصل عمليا إلى روما في الثالث عشـــر من فبراير 1633، قوبل مقابلة طيبة، بالمقارنة بأغلبية من استضافتهم محاكم التفتيش. وعلى الرغم من احتجازه قرابة ثلاثة أسابيع في الحجر الصحي على حدود توســـكانا (إشارة إلى شدة تأثير الوباء في تعطيل المواصلات)،

(*) الاقتباس عن رستون.

فإنه لم يكد يصل إلى روما حتى سمحوا له، أول الأمر، بالبقاء في سفارة توسكانا. وأكثر من هذا أنه مع بداية المحاكمة في أبريل احتجزه المسؤولون داخل جناح من الحجرات المريحة (أو هي على الأقل مريحة باستثناء آلام المفاصل التي كانت ترغمه على الصراخ ليلة بعد أخرى في أثناء نومه)، ولم يلقوا به في زنزانة رطبة. وسبق أن وصف كثيرون المحاكمة تفصيلا في أزمنة مختلفة، ومن ثم لا حاجة بنا إلى تكرار الحديث عنها. بيد أنها دليل يوضح إلى أي مدى يجتزئ المدعون الأمر، وينهون محاكمتهم في فترة وجيزة، على الرغم من أن من بين «جرائم» غاليليو المفترضة وقائع تقول إنه ألف كتابه بالإيطالية لا اللاتينية، بحيث ييسر على العامة فهم كلماته، وأنه امتدح أعمال وليام غيلبرت، «الزنديق الفاسد، والمشاكس، والمغالط في دفاعه عن كوبرنيكس». ولكن القضية الرئيسية هي ما إذا كان غاليليو عصى قرارا رسميا بابويا بألا يعلم منظومة كوبرنيكس بأي وسيلة كانت، وفيما يخص هذه القضية أثبت غاليليو زيف المذكرة الغفل من التوقيع بشأن الاجتماع سنة 1616، بأن قدم وثيقة موقعا عليها كتبها الكاردينال بيلارمين بخط يده، موضحا أن غاليليو ليس عليه أن «يؤيد أو يدافع عن» هذه الآراء، وأنه ليس ملزما بأي شكل من الأشكال بأكثر من التزامات أي شخص آخر من أتباع العقيدة الكاثوليكية. ولكن لا مهرب لأحد من محاكم التفتيش، فلم يكد يبدأ العرض الكامل للمحاكمة، حتى بدا الحكم المتوقع هو أن غاليليو مذنب بجرم ما، وأن تكون عقوبته تحذيرا لغيره. وبدت المشكلة من وجهة نظر محكمة التفتيش أن توجيه اتهام زائف بالهرطقة هو بمنزلة جرم خطير شأن الهرطقة أيضا. إذ لو كان غاليليو غير مذنب، فإن المدعين عليه الذين اتهموه سيكونون هم المذنبين، وهم أعلى السلطات في الكنيسة الكاثوليكية. ومن ثم يجب إرغام غاليليو على الاعتراف بشيء ما.

ولكن الكاردينال باربيريني، الذي عمل كل ما في وسعه طوال المحكمة لمصلحة غاليليو، اضطر إلى بذل جهد مكثف لإقناع غاليليو العجوز بأن يقدر الأمور ويدرك أنه مرغم على الاعتراف حتى إن لم يكن مذنبا، فإما هذا وإما أن تبدأ أعمال التعذيب. وفهم غاليليو أخيرا حقيقة وضعه، وقال عبارته المشهورة التي ادعى فيها أنه لا يؤمن بمنظومة كوبرنيكس واعترف

بأن خطأه هو الاسترسال والإفاضة في عرض المسألة فيما يتعلق بنظرية كوبرنيكس في كتابه، وذلك زهوا في غير موضعه بمهارته في عرض هذه الأفكار (لأغراض التعليم فقط) بأسلوب مستساغ ظاهريا. إنني «أستنكر أخطائي، وألعنها، وأمقتها!». كان آنذاك في التاسعة والستين من عمره، يعذبه ألم المفاصل المزمن، ومرعوب من التعذيب. وليس من دليل على الإطلاق أنه تمتم قائلا عبارته الشهيرة «eppur, Si muove» «ولكنها تدور»؛ إذ إنه لو كان قد قالها وسمعه من حوله لتم مط جسمه يقينا على آلة التعذيب المسماة «المخلعة» أو وضعوه فوق الخازوق (وربما الاثنان معا). وحقق اليسوعيون انتصارهم العلني الجماهيري، ولم يبق لهم إلا إصدار الحكم - السجن مدى الحياة. وواقع الأمر أن سبعة كاردينالات فقط من بين العشرة الجالسين باعتبارهم مجلس محكمة التفتيش هم من وقعوا على منطوق الحكم، وكان باربيريني من بين الثلاثة الرافضين للحكم.

وعلى الرغم من صدور الحكم، فإنه بفضل باربيريني، بدأ تخفيف شروطه تدريجيا، بحيث كان تحديد إقامته في سفارة توسكانا في روما، ثم الاحتجاز في كفالة رئيس أساقفة سيينا (نصير غاليليو)، وأخيرا الإقامة الجبرية في بيت غاليليو نفسه قرب آرتشيتري، ابتداء من أوائل العام 1634. وقبل عودة غاليليو بوقت قصير إلى البيت للمرة الأخيرة (إذ لم يكن مسموحا له بمغادرة آرتشيتري لزيارة الأطباء في فلورنسا، وإن كان مسموحا له بزيارة الدير)، توفيت ابنته ماريا سيليست في الثاني من أبريل 1634 (وامتد العمر بأختها أركانجيلا إلى ما بعد وفاة غاليليو، وتوفيت في 14 يونيو العام 1659).

غاليليو ينشر «علمان جديدان»

عاش غاليليو معزولا في بيلوسغواردو(*). وأكمل في معزله أعظم كتبه: «مقالات وبراهين رياضية عن علمين جديدين» (ويشار إليه عادة بعبارة «علمان جديدان»)، وأوجز فيه عمله طوال حياته في مجال الميكانيكا والقصور الذاتي والبندول (علم الأجسام المتحركة)، وقوة الأجسام (علم

(*) لم يكن معزولا تماما، إذ كان من بين زائريه في سنواته الأخيرة توماس هوبز وجون ميلتون.

الأجسام غير المتحركة)، كما وضح المنهج العلمي. وتناول كتاب «العلمان الجديدان» بالتحليل الرياضي موضوعات كانت في السابق امتيازا خاصا للفلاسفة، ويعتبر ذلك أول كتاب مرجعي علمي حديث يوضح أن الكون تحكمه قوانين يمكن للعقل البشري أن يفهمها، وتدفعه قوى يمكن حساب آثارها باستخدامنا الرياضيات. وتولى لويس الزفير في العام 1638 تهريب الكتاب إلى خارج إيطاليا ونشره في ليدن، وكان للكتاب أثره المهول في تقدم العلم في أوروبا على مدى العقود التالية حتى تجاوز أثره أثر كتاب «الحوار» الذي ترجم على نطاق واسع. معنى هذا أن أثره المهول امتد إلى كل أنحاء أوروبا، فيما عدا إيطاليا، وذلك نتيجة مباشرة لإدانة كنيسة روما لأعمال غاليليو. وإذا بإيطاليا التي شهدت أول ازدهار لعصر النهضة، تصبح ابتداء من ثلاثينيات القرن السابع عشر ساحة راكدة في مجال البحوث التي تدرس كيف يعمل العالم.

وفاته

ومع صدور كتاب «علمان جديدان» كف بصر غاليليو. ولكنه حتى بعد هذا الحدث، ظلت تراوده فكرة آلة تعمل ساعة ذات بندول، والتي وصفها لابنه فينسنزيو، الذي استطاع بالفعل صناعة مثل هذه الساعة بعد وفاة غاليليو. وانتشرت بعد ذلك في كل أنحاء أوروبا ساعات مماثلة خلال القرن السابع عشر، تقليدا لجهود كرستيان هيوجنز المستقلة. وابتداء من أواخر العام 1638 وما بعده، اتخذ غاليليو مساعدا له يدعى فينسنزو فيفياني، وعمل كاتبا لغاليليو، وهو الذي سيكتب بعد ذلك أول سيرة ذاتية عن حياة غاليليو ونشر مع كتاباته كثيرا من القصص الخيالية عن أستاذه، والتي صاغت بلونها النظرة العامة عن هذا الإنسان العظيم اليوم. ومات غاليليو في سلام وهو نائم ليلة 9/8 يناير 1642، قبل أسابيع من ذكرى ميلاده الثامنة والسبعين. وقبل سنتين بالضبط، أي في العام 1640، أجرى الفرنسي بيير غاسندي (1592 - 1655) التجربة الحاسمة لاختبار طبيعة القصور الذاتي، عندما استأجر قاربا من الأسطول الفرنسي (أسرع وسيلة نقل متاحة وقتذاك) وجدف بها على امتداد خط مستقيم عبر البحر

المتوســـط وهو هادئ، بينما تم إلقاء سلسلة من الكرات من أعلى الصاري، إلى ظهر الســـفينة، وسقطت كل كرة عند أسفل الصاري، ولم يسقط منها شيء بعيدا بسبب حركة المركب.

والمعروف أن غاســـندي تأثر بقوة بكتابـــات غاليليو، وهذا مثال يوضح بجـــلاء الثورة التـــي أحدثها غاليليو، أكثر من أي إنســـان غيره، في مجال البحث في قضايا العالم، إذ وضع الأســـس الكاملة لاختبار الفروض، بأن حفز الباحث بأن يلوث يديه من دون أن يعبأ في سبيل إجراء التجارب، بدلا من التجوال والمشـــي ومناقشة الأفكار بشـــكل نظري خالص بمصطلحات فلســـفية. ومن خلال هذا المنظور، يجدر بنا الإشـــارة إلى مناســـبة أخطأ فيها غاليليو، والســـبب تحديدا أنه في هذه المناســـبة كان عليه أن يستنتج عن طريق التفلســـف من تجارب مشهودة، مادام لم تكن ثمة وسيلة مجدية وقتذاك لاختبار فروضه الأساســـية تجريبيا. إذ دحرج كرات فوق أســـطح مائلـــة إلى أســـفل، ثم جعلها تتدحـــرج صاعدة فوق ســـطح آخر، وتحقق غاليليو من أنه في حالة عدم وجود احتكاك ستســـتمر الكرة صاعدة إلى الارتفاع نفســـه الذي بدأت منه، ولا يهم مدى عمق أو ضحالة الأســـطح. ويمثل هذا تحققا أساســـيا، خاصة أن غاليليو إلى حد بعيد هو أول عالم يدرك ويفهم على نحو كامل فكرة أن تجاربنا هي دائما تصوير قاصر لعالم مصبـــوغ بقدر من المثالية لعلم نظـــري بحت - الاحتكاك موجود دائما في عالـــم الواقع، بيد أن هذا لم يحل دون العلمـــاء وبذل الجهد لتصور كيف تسلك الأجسام في حالة غياب الاحتكاك، ولكنهم أخيرا وبعد أن أصبحت نماذجهم أكثر تعقيدا ســـمحوا بإضافة الاحتكاك. وأضحت هذه القسمة، وعلى مدى القرون التالية بعد غاليليو، هي القســـمة المعيارية المميزة للنهج العلمي - تحليل المنظومات المركبة إلى مكوناتها الأبسط الخاضعة لقواعد مثالية كلما كان ذلك ضروريا، والتســـليم باحتمال وجود أخطاء في التنبؤ تأسيسا على هذه النماذج البســـيطة بسبب تعقدات خارج نطاق النماذج. وأدرك غاليليـــو أن مثل هذه التعقدات تحديدا (مثـــل مقاومة الريح) هي التي تفســـر الفوارق البسيطة في مواقيت وصول كرتين إلى الأرض عندما نُفذت تجربة البرج المائل.

ولكن غاليليو تبين حقيقة أعمق من تجارب السطح المائل. استطرد في محاولة للتفكير ومعرفة ما يمكن أن يحدث إذا ما جعلنا السطح المائل الثاني أكثر فأكثر ضحالة. ووضح له أنه كلما كان السطح أكثر ضحالة، استمرت الكرة في تدحرجها لتعود إلى ارتفاعها الأصلي. وإذا كان السطح الثاني أفقيا، وأمكن إغفال الاحتكاك، فإن الكرة سوف تستمر في التدحرج دائما في اتجاه الأفق.

وتحقق غاليليو من أن الأجسام المتحركة لها نزوع طبيعي في استمرار الحركة ما لم يؤثر فيها الاحتكاك أو قوة ما خارجية. وسوف يمثل هذا الرأي أحد المفاتيح الأساسية للازدهار الكامل لدراسات مبحث الميكانيكا التي أنجزت فيما بعد في أعمال إسحاق نيوتن. ولكن دراسة غاليليو اشتملت على مظهر واحد من مظاهر القصور. كان يعرف أن الأرض كروية. ومن ثم فإن الحركة الأفقية (الحركة تجاه الأفق) تعني عمليا اتباع مسار منحن حول السطح المنحنى لكوكب الأرض. وظن غاليليو أن هذا يعني أن الحركة بتأثير القصور الذاتي، أي من دون تأثير أي قوة خارجية، لابد أن تشتمل أساسا على التحرك في دائرة. وبدا له هذا تفسيرا لبقاء الكواكب في مدار لها حول الشمس. وهنا نجد أن ديكارت - إحدى أهم الشخصيات على مدى العقود التالية بين غاليليو ونيوتن - هو أول من أدرك تماما أن أي جسم متحرك ينزع، نتيجة القصور الذاتي، إلى الاستمرار في الحركة على امتداد خط مستقيم ما لم تؤثر فيه قوة ما. لقد أرسى غاليليو قواعد العلم وحدد الطريق للآخرين، ولكن بقي الكثير لكي ينجزه الآخرون للبناء على هذه القواعد. وحان الآن الوقت للنظر عن كثب إلى أعمال ديكارت وعلماء آخرين أسهموا في البناء على القواعد التي أرساها غاليليو.

الكتاب الثاني

الآباء المؤسسون

4

العلم يقف على قدمين

«لقد كان بويل، مثله مثل غاليليو، ييسر العلم للجماهير، بيد أنه على عكس غاليليو، لم يكن يخشى من أن ما يقدمه سوف يثير ثائرة محاكم التفتيش».

المؤلف

العلم، كما أدرك غاليليو، مكتوب بلغة الرياضيات. بيد أن تلك اللغة لم تكن تطورت واكتملت في عصر غاليليو، وكانت ثمة حاجة إلى ابتكار اللغة الرمزية التي نستعين بها تلقائيا اليوم باسم الرياضيات - لغة المعادلات مثل E = mc2 وطريقة وصف المنحنيات الهندسية عن طريق المعادلات - قبل أن يفيد الفيزيائيون إفادة كاملة من الرياضيات في وصف العالم الذي نعيش فيه. إن رمزي زائد «+» وناقص «−» دخلا مجال الرياضيات فقط في العام 1540، ضمن كتاب ألفه عالم الرياضيات روبرت ريكورد بعنوان «أساس الفنون» The Grounde of Artes. ولد ريكورد في بلدة تينبي، في بيمبروكشير نحو العام 1510،

ودرس في كل من جامعتي أكسفورد وكامبريدج، وحصل على شهادات في الرياضيات والطب. ونظرا إلى أنه كان شخصا واسع المعرفة متعدد الثقافات، فقد كان زميلا في كلية أول سولز All Souls College في أكسفورد، وطبيبا لإدوارد السادس والملكة ماري، وعمل أحيانا في منصب المراقب العام على مناجم وأموال التاج. وأصدر كتابا آخر في العام 1557 بعنوان «مِسَنّ الذكاء» Whetstone of Witte، وأدخل فيه علامة يساوي =، وقال عنها «لأنه لا يوجد شيئان متساويان» أكثر من الخطين المتوازيين بالطول نفسه». ولكن جميع إنجازاته لم تنقذه من نهاية بائسة لحياته - إذ مات ريكورد في سجن المدينين في العام 1558 (العام نفسه الذي نصبت فيه إليزابيث ملكة). ولكن ظلت مؤلفاته في الرياضيات المراجع المعيارية على مدى أكثر من مائة سنة، حتى بعد وفاة غاليليو (*). وعبر عن ذلك جون أوبري بعد ذلك بأكثر من قرن قائلا «كان ريكورد أول من كتب رسالة جيدة في علم الحساب بالإنجليزية، وهو أيضا «أول من كتب في علم الفلك بلسان إنجليزي».

وكما ذكرت سابقا، فإن ابتكار (أو اكتشاف) اللوغاريتمات مبكرا في القرن السابع عشر بسط على نحو كبير وساعد كثيرا على سرعة إجراء عمليات حسابية مجهدة اعتاد أن يجريها علماء الفلك وغيرهم - وهذا هو النظام الذي يشتمل على التعامل مع «الحساب العشري» Powers of ten بدلا من الأعداد الترتيبية العادية. ولنضرب مثالا بسيطا جدا فإن 100x 1000 تصبح 103 102 x، وحيث إن 5 = 3 + 2 فإنها تصبح 105، أو 100.000. ومن ثم يمكن تقديم الأرقام الترتيبية العادية لهذا الأسلوب (مثال، 2345 يمكن كتابتها على النحو التالي 103.37، بحيث إن لوغاريتم 2345 هو 3.37)، معنى هذا أن جميع عمليات الضرب والقسمة يمكن اختزالها في صورة جمع وطرح. والمعروف أنه قبل ابتكار آلات الجيب الحاسبة (أي، حتى سبعينيات القرن العشرين)، كانت اللوغاريتمات والآلة المقترنة بها المستخدمة للوغاريتمات، المسطرة المنزلقة، هي الأدوات الوحيدة التي يسرت للناس العمليات الحسابية المعقدة.

(*) وحتى نضع الصورة كاملة، يجدر بنا أن نذكر أن علامة ضرب (x) أضيفت العام 1631، ورمز القسمة (8) في العام 1659فقط. وإن وليام أوتريد، الذي أدخل رمز x هو الذي ابتكر أيضا المسطرة الحاسبة المنزلقة Slide Rule قبل نحو عشرة أعوام من ذلك.

وأنــا لا أريد الدخول في مزيد من التفاصيل عن الرياضيات في هذا الكتاب، فيما عدا ما له تأثير مباشر على قصة الفهم المتطور لطريقة عمل العالــم ومكاننا فيــه. ولكن ثمة فتحا علميا آخر صــدر بينما كان غاليليو لايزال في مرحلة تنفيــذ الحكم الصادر ضده من محاكم التفتيش، وليس فقــط لأن هذا الفتح مهم غاية الأهمية بحيــث يصعب إغفاله، ولكن لأنه يمثل أيضا مدخلنا الصحيح إلى شــخصية رئيسية في هذا العصر، رينيه ديــكارت، والمعروف الآن على نطاق واســع بأنه فيلســوف، ولكن كانت له اهتمامات شملت كل المجال العلمي.

رينيه ديكارت والإحداثيات الديكارتية

ولــد ديكارت في لاهاي في مقاطعة بريتانــي في 31 مارس 1596. وهو ســليل أسرة محلية ذات مكانة اجتماعية ومتوسطة الثراء - كان أبوه، يواقيم، محاميا ومستشارا في برلمان بريتاني. توفيت أمه بعد ميلاده بوقت قصير، وتركت له ميراثا - وإن لم يكن ثروة - كافيا لتأمين حياته، ولوقايته شــر الجوع، وأن يختار العمل الذي يريده لنفســه في معاشه (أو التفرغ) دون قلق بشــأن المال. وكان ثمة توقع موضوعي بأنه لن يعمر طويلا، الأمر الذي لم يؤهله لشــغل منصب من أي نــوع - إذ كان رينيه طفلا ممروضا، ولم يتوقع له أحد أن يمتد به العمر إلى سن البلوغ، وظل يعاني سوء الحالة الصحية طوال حياته. وعندما بلغ ديكارت العاشرة من العمر (وربما أصغر قليلا) أرسله أبوه (الذي كان يأمل أن يقتدي ابنه به ويعمل محاميا، أو ربما يصبح طبيبا) إلى مدرسة منشأة حديثا هي المدرسة اليسوعية في منطقة لا فليــش La Flièche في أنجو Anjou. وكانت هــذه واحدة من مدارس عديدة حديثة سمح هنري الرابع لليسوعيين بتأسيسها (وهنري الرابع هو أول ملك لفرنسا من البوربون، ويعرف أيضا باسم هنري النافاري).

وجدير بالذكر أن سيرة حياة هنري الشخصية تجسد (إن صحت هذه الكلمــة) حالة أوروبا المضطربة خلال هــذه الفترة. إذ قبل أن يصبح ملكا كان زعيما لحركة البروتستانت (الهوغونوت) خلال حروب فرنسا الدينية، وهي سلســلة من الصراعــات امتدت من 1562 وحتــى 1598، وبعد أن

مني بهزيمة نكراء، في العام 1572، والمعروفة باسم مذبحة عيد القديس بارثولوميو، تحول إلى الكاثوليكية لينقذ حياته. ولكن الملك (تشارلز التاسع ثم خلفه، هنري الثالث) أودعه السجن لشكه في صدق تحوله. وهرب العام 1576 وأنكر تحوله الديني، وقاد جيشا خاض عديدا من المعارك الدموية أثناء الحروب الأهلية. وأصبح هنري الوريث المرجح، قد كان أصلا بعيدا عن ذلك بحكم سلسلة أصحاب الحق في الوصول إلى العرش. بعد وفاة شقيق هنري الثالث دوق أنجو في العام 1584 (إذ إن كلا من هنري الثالث والدوق لم ينجبا). وأدى هذا إلى أن اعترفت العصبة الكاثوليكية في فرنسا بابنه فيليب الثاني ملك إسبانيا، الذي أبلى بلاء حسنا في الحرب في صف الكاثوليكية، باعتبارها وريثة للعرش. ولكن هذه الحركة أدت إلى نتائج عكسية عندما تحالف هنري الثالث وهنري النافاري، على أمل سحق العصبة ومنع الإسبان من احتلال فرنسا. ولكن قاتلا طعن هنري الثالث عدة طعنات في الأول من أغسطس 1589، بينما كان هو وهنري النافاري يحاصران باريس، بيد أنه لم يمت وامتد به العمر إلى أن أكد أن هنري النافاري وريثه. ومع امتداد الحرب، لم يتم تتويج هنري الرابع إلا في العام 1594، أي بعد عام من إعلانه ثانية أنه أصبح كاثوليكيا. ولكن الصراع مع إسبانيا استمر على الرغم من هذا. انتهت الحروب أخيرا العام 1598، وهو العام نفسه الذي عقد فيه هنري الرابع اتفاق سلام مع إسبانيا، ووقع خلاله أيضا مرسوم نانتيس Edict of Nantes الذي أعطى البروتستانت حق العبادة على الطريقة التي تحلو لهم، ولم يكن الجمع بينهما مقصودا. وتوفي هنري أيضا على يدي قاتل اغتاله العام 1610، وقتما بلغ رينيه ديكارت الرابعة عشرة من العمر. وأفضل نقش كتب على قبره هو عبارته التالية: «إن من يتبعون ضمائرهم هم من أبناء ديني، وأنا أومن بدين أهل الشجاعة والصلاح».

وبعد عامين من وفاة هنري الرابع (أو ربما في العام 1613، إذ إن السجلات غير واضحة)، غادر ديكارت مدرسة اليسوعيين وعاش فترة قصيرة في باريس، قبل أن يدرس في جامعة بواتيير حيث تخرج بالكفاءة في القانون العام 1616 (وربما درس الطب كذلك، ولكنه لم يتأهل طبيبا).

وعندما بلغ ديكارت العشـــرين من العمر، شـــرع يقيم ويراجع حياته، وقرر أنه لم يكن مهتما بشغل إحدى المهن. وساعده مرضه في الطفولة على أن يكون معتمدا على ذاته، وكذا إنســـانا شـــبه حالم، يحب الأمور التي تسهم بالراحة والمتعة الجســـدية، ويكفي أن اليسوعيين أنفسهم سمحوا له بقدر من التدليل، مثل السماح له بالاستيقاظ متأخرا في الصباح، وهو ما أصبح شبه عادة وأسلوب حياة بالنسبة إلى ديكارت. وأقنعته سنوات تعليمه بشيء أساسي وهو جهله وجهل معلميه، وعقد العزم على إهمال الكتب المدرسية وصوغ فلسفته الخاصة وعلمه الخاص، وذلك بأن يعكف على دراسة نفسه ودراسة العالم من حوله.

ووصولا إلى هذه الغاية اتخذ ما يبدو للوهلة الأولى قرارا غريبا، وهو الرحيـــل إلى هولندا حيث وقع عقدا للخدمة العســـكرية مع أمير أورانج. بيـــد أن ديكارت المحب للراحة والمتعة الجســـدية لم يكـــن جنديا محاربا، بل وجد مكانه الذي يرتاح إليه في العســـكرية هو الهندســـة، مستفيدا من مهاراتـــه الرياضية بدلا من قدراته البدنيـــة المحدودة. وبينما كان ديكارت في المدرســـة العســـكرية في بريدا، التقى عالم الرياضيات اسحق بيكمان من دوردرشـــت، والـــذي تولى تعريفه بمســـتويات عالية مـــن الرياضيات وأصبـــح صديقا له زمنـــا طويلا. وغير معروف الكثيـــر عن حياة ديكارت العسكرية على مدى السنوات القليلة التالية، والتي خدم خلالها في عديد مـــن الجيوش الأوروبيـــة المتباينة، بما في ذلك جيـــش دوق بافاريا، ولكننا نعـــرف أنه كان موجودا فـــي أثناء تتويج الإمبراطـــور فرديناند الثاني في فرانكفورت العام 1619، وشـــهد ديكارت قرب نهاية هذا العام أهم حدث فـــي حياته، ونعرف على وجه الدقة والتحديد متى وأين وقع الحدث، لأنه يروي لنا فـــي كتابه «المنهج» - وعنوانه بالكامـــل «مقال عن المنهج لتوجيه العقل في اتجاه صحيـــح والبحث عن الحقيقة في العلوم» Discourse de la Methode pour bien Conduire la raison et Chercher la Verité dans les Sciences والمنشور سنة 1637، كان الوقت العاشر من نوفمبر، وجيش دوق بافاريا (الذي احتشـــد لمحاربة البروتستانت) في زيه الشتوي على ضفاف نهر الدانوب. أمضى ديكارت اليوم كله مستلقيا في راحة على

سريره، مستسلما لأحلامه عن طبيعة العالم ومعنى الحياة... إلخ. واعتاد البعض الإشارة إلى غرفته أحيانا بكلمة «الفرن»، وهي ترجمة حرفية لتعبير استخدمه ديكارت، بيد أن هذا لا يعني بالضرورة أنه اعتاد أن يقبع داخل غرفة ساخنة يجري استخدامها عادة لخبز الخبز، بل التعبير على سبيل المجاز. أيا كان الأمر، ففي هذا اليوم اهتدى ديكارت لأول مرة إلى فلسفته الخاصة (والتي تخرج إلى حد كبير عن نطاق كتابنا هذا) كما اهتدى إلى واحدة من أعظم الرؤى الرياضية النافذة في التاريخ.

ظل ديكارت يرقب في تكاسل ذبابة تطن حوله في أحد أركان الحجرة، وأدرك فجأة أن وضع الذبابة في أي لحظة من الزمن يمكن تمثيله بثلاثة أعداد تحدد مسافتها بعيدا عن كل من الجدران الثلاث التي تلتقي عند الزاوية. ورأى في لحظتها هذه الصورة في أبعاد ثلاثة، وأصبحت هذه الرؤية معروفة الآن لكل تلميذ في المدرسة رسم خطا بيانيا. إذ إن أي نقطة على الخط البياني يمثلها عددان يتطابقان مع المسافات على امتداد المحور x وفوق المحور y. ونحن نجد كذلك في أي أبعاد ثلاثة المحورZ كذلك. ونحن الآن نسمي الأعداد المستخدمة في منظومة تمثيل النقاط في الفراغ (أو على ورقة) بهذه الطريقة باسم الإحداثيات الديكارتية نسبة إلى ديكارت. وإذا أعطينا شخصا ما توجيهات بشأن كيفية تحديد موقع في إحدى المدن بأن نطلب منه السير وفق مسارات معينة «اذهب لمسافة ثلاث قطع ثم قطعتين شمالا»، فإننا بهذا نستخدم الإحداثيات الديكارتية - وكذلك حين نحدد طابقا معينا في بناية ما، فإننا نفعل ذلك في إطار الأبعاد الثلاثة. ومعنى اكتشاف ديكارت أن أي شكل هندسي يمكن تمثيله ببساطة بمجموعة أرقام - مثال بسيط على ذلك: مثلث مرسوم على ورقة رسم بياني، يوجد فقط ثلاثة أزواج من الأعداد كل منها يحدد إحدى زوايا المثلث. كذلك فإن أي منحنى مرسوم على ورقة (أو كمثال، مدار أحد الكواكب حول الشمس) يمكن تمثيله من حيث المبدأ بمتوالية أعداد تربطها بعضها ببعض معادلة رياضية. وجدير بالذكر أنه بعد أن اكتمل هذا الاكتشاف تماما ثم نشره أخيرا، أدى إلى تحول رئيسي في الرياضيات، بأن أصبحت الهندسة قابلة للتحليل باستخدام الجبر،

وتولدت عن هذا الاكتشـاف أصداء تواصلت لنـرى تأثيرها بعد ذلك في استحداث النظرية النسبية ونظرية الكوانتم في القرن العشرين. واتساقا مع هذا، فإن ديكارت هو الذي أدخل تقنية اسـتخدام أحرف الأبجدية في البداية (أ، ب، ج...) لتمثيل كميات معروفة (أو محددة)، وأحرف عند نهاية الأبجديـة (خاصة س، ص، ي)، لتمثيل كميات مجهولة. وأن ديكارت أيضا هو الذي أدخل العلامة الأسية المألوفة لنا الآن حيث س2 تعني س س س، وس3 تعني س س س س وهكذا. ولو أن ديكارت لم يفعل شـيئا آخر سوى إرســاء جميع هذه القواعد للرياضيات التحليلية لأصبح شخصية رئيسية في علوم القرن السابع عشر. ولكن ليست هذه هي كل إنجازاته.

وبعـد أن اهتـدى ديكارت لرؤاه فـي «الفرن»، اسـتقال من الخدمة العسـكرية في العام 1620، مع نهاية خدمته مع دوق بافاريا، وسافر إلى ألمانيا وهولندا، ثم إلى فرنسـا، حيث وصلها العام 1622، وباع أملاكه في بواتيير التي ورثها عن أمه، واستثمر العائد بحيث يكون دعمه وسنده المالي ليواصل دراسـاته المستقلة. وحيث كفل لنفسـه عامل الأمان، قضى عدة سـنوات يطوف في أنحاء أوروبا مع قـدر من التأمل والتفكير، وأقام فترة زمنية طويلة في إيطاليا (والمثير للدهشـة أنه هنا لم يحاول لقاء غاليليو). وحين بلغ الثانية والثلاثين من عمره، قرر أن الوقت قد حان ليستقر ويجمع شـتات أفكاره في نسـق متلاحم للأجيال القادمـة وزار هولندا ثانية في خريف 1628، وقضى شتاء العامين 1628/1629 في باريس، ثم عاد إلى هولندا ليستقر هناك، حيث بقي العشرين عاما التالية. وقد أحسن اختيار مكان الاسـتقرار. ذلك أن حرب الثلاثين عاما كانت لاتزال على أشـدها، وحولت وسـط أوروبا إلى ساحة من الفوضى بسبب الحروب الدينية التي تطفو على السـطح بين الحين والآخر في فرنسا، هذا بينما كانت هولندا وقتذاك مسـتقلة آمنة، على الرغم من أنها رسـميا بلد بروتستانتي بينما يمثل الكاثوليك غالبية السكان، ويسودها تسامح ديني.

وكانت لديكارت دائرة واسعة من الأصدقاء والمراسلين في هولندا، من بينهم: إسحق بيكمان وغيره من الأكاديميين، وكذلك قنسطنطين هوجينز، وهو شـاعر هولندي ورجل دولة (أبو كرسـتيان هوجينز)، وعمل سكرتيرا

لأميـــر أورانج، ولعائلة الأمير فردريك الخامس. وتمثـــل الرابطة الأخيرة حلقة بين ديكارت وتيشـــو، نظرا إلى أن الأميرة إليزابيث، زوجة فريدريك الخامس، هي ابنة جيمس الأول ملك إنجلترا [*]. ولم يتزوج ديكارت، مثله مثل غاليليو، ولكن يقول جون أوبيري في هذا الصدد: «حيث إنه إنســـان، فقد كانت له رغبات وشهوات الرجل، لذلك احتفظ بعلاقة مع امرأة أنيقة أحبها». واســـمها هيلين جانس، وأنجبا ابنة اســـمها فرانسين (ولدت في العام 1635)، كان ديكارت مولعا بها ولكنها توفيت في العام 1640.

أعظم أعماله

بينما عمد ديكارت إلى تعزيز شـــهرته المتميـــزة بالفعل كمفكر ورجل واسع العلم والمعرفة في محادثاته ومراسلاته مع هؤلاء الأصدقاء، أمضى أربع سنوات من 1629 إلى 1633 في إعداد رسالة ضخمة، عاقدا العزم علـــى أن يعرض فيها جميع أفكاره عن الفيزياء. ويحمل هذا العمل عنوان: «العالم، أو رســـالة عن الضوء» Le Monde, ou Traite de la Leumière، وبينما كانت الرســـالة على وشك الصدور، تواترت إلى هولندا الأخبار عن محاكمة غاليليو وإدانته بالهرطقة. وعلى الرغم من أن القصة الكاملة عن المحاكمـــة لم تكن قد وصلت واضحة بعـــد، إلا أن ما بدا واضحا وقتذاك هو إدانة غاليليو بسبب معتقدات كوبرنيكس بينما كانت مخطوطة ديكارت تعتمد اعتمادا كبيرا على أفكار كوبرنيكس. أوقف ديكارت النشر فورا، ولم يصـــدر الكتاب، على الرغم من أنه اتخذ أجزاء كبيرة منها أساســـا لبعض أعماله فيما بعد. ويبدو، حتى مع التسليم بأن ديكارت كان كاثوليكيا، أن ما فعله يمثل تسرعا في رد فعل مبالغ فيه، خاصة أنه ليس بإمكان اليسوعيين في روما الإساءة إليه وهو في هولندا بعيدا عنهم. ولم يستلزم الأمر جهدا كبيـــرا في أن يلـــح عليه أصدقاؤه ومعارفه، خاصـــة أن أكثرهم اطلع على أجزاء من الكتاب أو على وصف له في رســـائل لهم، لإقناع ديكارت بنشـــر بعض من محتوياته، ولو آجلا وليس عاجلا. وكانت أول ثمرة جهدهم كتابه

(*) وليـــس هذا توافقا عرضيا، نظرا لأن أغلب البيـــوت الملكية في أوروبا في هذه الفترة كانت مترابطة تجمع بينها شـــبكة من الزيجات السياســـية. ولكن هذه الزيجة أثبتت أنها ذات أهمية خاصة، إذ إن صوفيا ابنة فريدريك تزوجت أمير هانوفر وأنجبت جورج الأول ملك إنجلترا.

«المنهج»، الذي ظهر في العام 1637، مرفقا بثلاث مقالات عن الأرصاد الجوية والبصريات والهندسة. حقا، لم تكن كل الأفكار الواردة في الكتاب صحيحة، غير أن الشيء المهم بالنسبة إلى مقال الأرصاد الجوية أنه حاول تفسير كل ما يحدث بالنسبة إلى الطقس تأسيسا على علم عقلاني، وليس بالرجوع إلى الخوارق واللاعقلانيات. ويصف مقال البصريات الأداء الوظيفي للعين واقترح فيه سبلا لتحسين التلسكوب. وتناول مقال الهندسة الرؤى الثورية التي انبثقت في ذهنه يوم أن كان قابعا في السرير على ضفاف نهر الدانوب.

والكتاب العظيم الثاني لديكارت هو «التأملات في الفلسفة الأولى» Meditations de Prima Philosophia، وظهر في العام 1641، ويعرض فلسفة ديكارت المؤسسة على مبدئه الأشهر (وإن لم يكن تفسيره صوابا دائما)، والذي يقول فيه «أنا أفكر إذن أنا موجود». وأصدر في العام 1644 ثالثة مساهماته الكبرى في التعليم، وهو كتاب «أسس الفلسفة» Principia Philosophiae، وهو في جوهره كتاب عن الفيزياء، ويحث فيه ديكارت طبيعة العالم المادي، وقدم تفسيرا صحيحا للقصور الذاتي، وهو أن الأجسام المتحركة تميل إلى الاستمرار في الحركة على خط مستقيم، وليس في دائرة (كما ظن غاليليو). ومع الانتهاء من نشر هذا الكتاب، قام ديكارت بما يبدو أول رحلة له إلى فرنسا منذ العام 1629، ثم زارها ثانية في العام 1647 - وهذه زيارة مهمة، إذ كانت مناسبة لمقابلة بليز باسكال (1622-1662) عالم الفيزياء والرياضيات. واقترح على العالم الشاب أنه سيكون من المثير الصعود إلى قمة جبل ومعه بارومتر ليرى كيف يتغير الضغط مع تغير الارتفاع عن سطح البحر (*). وعندما أجريت التجارب (أجراها زوج أخت باسكال في العام 1648) أوضحت التجارب أن الضغط الجوي ينخفض مع الارتفاع عن سطح البحر، مما يشير إلى وجود غلاف رقيق من الهواء فقط حول الأرض، وأن طبقة الهواء حول الأرض لا تمتد إلى ما لا نهاية. وثمة زيارة أخرى إلى فرنسا في العام 1648، حجبت أخبارها أخطار الحرب الأهلية، ولكنها الآن واضحة. إذ في أواخر أربعينيات القرن السابع عشر وبينما بلغ ديكارت الثانية

(*) كان البارومتر اختراعا جديدا تماما، وديكارت من أوائل من قالوا بأن ما يقيسه البارومتر هو ثقل الهواء الذي يضغط على سطح الأرض.

والخمسين من العمر في العام 1648، بدأ يشعر بالملل، أيا كان السبب، ولم يعد فيما يبدو ملتزما بأن يقضي بقية حياته في هولندا. وحدث أن دعته ملكة السويد كرستينا في العام 1649 للانضمام إلى دائرة المثقفين الذين دعتهم للتجمع في ستوكهولم، فاقتنص ديكارت الفرصة. ووصل إلى ستوكهولم في أكتوبر في العام نفسه، ولكن ما روعه اكتشافه أنه في مقابل المآثر التي سيحظى بها، والحرية في أن يقضي أغلب وقته عاكفا على عمله الذي يهواه، فإن من المنتظر منه أن يقوم بزيارة للملكة يوميا الساعة الخامسة صباحا ليعطيها درسا خاصا قبل أن تتفرغ لشؤون الدولة. وطبيعي أن برد الشتاء في الشمال، والاستيقاظ المبكر، أمر مرهق لجسم ديكارت الذي يهوى الاستسلام للراحة. وأصيب بنزلة برد، تحولت إلى التهاب رئوي، والذي قضى عليه تماما في الحادي عشر من فبراير 1650، قبيل إكمال عامه الرابع والخمسين.

تميز ديكارت بتأثيره العميق، ولعل أهم أسباب ذلك طريقته التي أسقط بها تماما من تفكيره أي أثر متخلف عن القوى الروحانية (على الرغم من أنه كان يؤمن بالله والروح) وأكد أن كلا من العالم الذي نعيش فيه والمخلوقات المادية التي تسكنه (بمن فيها نحن البشر) يمكن فهمها على أساس أنها كيانات فيزيقية تخضع لقوانين يمكن معرفتها وتحديدها بواسطة التجربة والملاحظة. وليس معنى هذا أن ديكارت أصاب في كل شيء، ذلك أن إحدى أفكاره الأهم كانت خطأ، وإن ظلت حتى ذلك الوقت فكرة لها نفوذها القوي، وأعاقت التقدم العلمي في بعض أنحاء أوروبا عقودا من الزمن (خاصة في فرنسا)، وعلى امتداد فترة في القرن الثامن عشر. وحري بنا النظر إلى هذه الخطوة الزائفة قبل مناقشة تأثير ديكارت في مجالات كان صوابه فيها أكثر من خطئه.

بيير غاسندي: الذرات والجزيئات

أهم خطأ وقع فيه ديكارت هو رفضه لفكرة الفراغ أو «الخواء». وقاده هذا أيضا إلى رفض فكرة الذرات التي بدأ يحييها من جديد حول هذه الفترة بيير غاسندي، بما أن النموذج الذري للعالم يرى أن كل شيء مؤلف من أجسام صغيرة (الذرات) تتحرك في الفراغ وتتفاعل بعضها مع بعض، وعلى

الرغم من أن فكرة الذرات ترجع إلى ديمقريطس في القرن الخامس ق. م، ثم أحياها أبيقور الذي عاش منذ نحو 342 ق. م. حتى 271 ق. م، فإنها لم تكن سوى نظرة يؤمن بها أقلية في اليونان القديمة، ولكن أرسطو، وهو الفيلسوف صاحب النفوذ الأكبر على الفكر الغربي قبل الثورة العلمية، رفض بشكل خاص المذهب الذري لارتباطه بفكرة الفراغ أو الخواء. ولكن غاسندي، الذي ولد في شامبترسييه في بروفنس في 22 يناير 1592، وحصل على درجة الدكتوراه في فقه الإلهيات في أفينون العام 1616، وتم تنصيبه كنسيا في العام التالي واشتغل بالتدريس بجامعة إيكسAix ، أصدر في العام 1624 كتابا ينتقد فيه النظرة الأرسطية عن العالم. وفي العام 1633 أصبح رئيسا لكاتدرائية دين Digne، ثم في العام 1645 أستاذا للرياضيات في كوليج رويال في باريس. ولكن اعتلال صحته أرغمه على التخلي عن مهمة التدريس في العام 1648، وعاش في طولون ابتداء من 1650، وذلك قبل عودته إلى باريس، حيث وافته المنية في 24 أكتوبر 1655.

وعلى الرغم من أنه أجرى كثيرا من أعمال الأرصاد الفلكية، كما أجرى اختبارا مشهورا للقصور الذاتي مستخدما مركبا، ولكن أهم إسهامات غاسندي للعلم هو إحياؤه للمذهب الذري الذي عرضه بوضوح شديد في كتاب له صدر في العام 1649. رأى غاسندي أن خواص الذرات (مثال ذلك مذاقها) رهن شكلها (مسننة أو دائرية، مستطيلة أو متقلصة.. وهكذا)، واعتقد أن بإمكانها أن تتراكم وتتلاحم لتؤلف ما يسمى الجزيئات، وذلك بطريقة المشبك والعروة. ودافع بقوة أيضا عن فكرة أن الذرات تتحرك سابحة في فضاء وأنه لا يوجد حرفيا شيء ما في الفراغات بين الذرات. لكن، وكأنه يؤكد صدق القول المأثور لا أحد له الكمال فإن غاسندي عارض، من بين أمور أخرى أفكار هارفي عن الدورة الدموية.

والسبب في أن غاسندي وكثيرين من معاصريه كانوا راغبين في قبول فكرة الفراغ خلال أربعينيات القرن السابع عشر هو توافر الدليل التجريبي على وجود «الخواء». ونذكر في هذا الصدد أفانجليستا تورشيللي (1608-1647) العالم الإيطالي الذي تهيأت له معرفة غاليليو في الأشهر الأخيرة من حياته، والذي أصبح أيضا أستاذا للرياضيات في فلورنسا العام 1642.

عرض غاليليو على تورشيللي مشكلة عدم إمكانية رفع مياه البئر بالمضخة في أنبوب رأسي لأكثر من 30 قدما (نحو 9 أمتار). ورأى تورشيللي بعد تفكير أن وزن الغلاف الجوي الضاغط على سطح الماء داخل البئر (أو في أي مكان ما) هو الذي يحدث ضغطا له قدرة على دعم الماء داخل الأنبوب. وأضاف أن هذا لا يحدث إلا إذا كان الضغط الناتج عن وزن الماء في الأنبوب أقل من ضغط الغلاف الجوي. واختبر الفكرة في العام 1643 مستخدما أنبوب زئبق مغلقا من أعلى بإحكام ومقلوبا فوق طبق مسطح به المعدن السائل، بينما طرف الأنبوب المفتوح منغمس تحت سطح السائل. وحيث إن الزئبق أثقل من حجم الماء نفسه بنحو أربع عشرة مرة، لذلك تنبأ غاسندي بأن عمود الزئبق في الأنبوب سوف يثبت عند ارتفاع لا يزيد على قدمين، وهو ما حدث - مما ترك مسافة بين رأس عمود الزئبق وبين الطرف الأخير للأنبوب المغلق بإحكام الموجود فوق الزئبق. عندما لاحظ تورشيللي تغيرات طفيفة في ارتفاع عمود الزئبق يوما بعد آخر، استنتج أنها نتيجة التغيرات في الضغط الجوي. وهكذا اخترع البارومتر، وابتكر أيضا فراغا.

ديكارت يرفض مفهوم الفراغ

عرف ديكارت كل ما يتعلق بهذا الإنجاز - واقترح، كما ذكرنا في السابق، فكرة أخذ بارومتر والصعود به إلى قمة جبل لنرى كيف يتغير الضغط مع الارتفاع عن سطح البحر. ولكنه لم يقبل فكرة وجود هوة أو فراغ فوق الزئبق (أو الماء). وتوافرت لديه فكرة مفادها أن كل مواد الحياة اليومية من مثل الهواء، أو الماء، أو الزئبق مختلطة مع مادة أكثر بساطة، وتمثل سائلا يملأ كل الثغرات ولا يسمح بوجود فراغ. مثال ذلك، يمكن تشبيه الزئبق داخل البارومتر بعمود شيء ما مثل ألياف مرنة من الحديد، أشبه بما نستخدمه لجلي الأوعية، ومخلوطة بسائل غير مرئي، مثل زيت الزيتون بالغ الرقة، والذي يملأ كل الفراغات الموجودة بين ألياف السلك والثغرة الموجودة عند قمة العمود(*).

(*) في خمسينيات القرن السابع عشر ابتكر الألماني أوتو فون غويريك مضخة هوائية (تسمى عادة مضخة تفريغ) يمكنها خفض الضغط الجوي داخل وعاء مغلق بإحكام (مختوم)، إذ يطفئ في داخلها شعلة لهب مما يؤدي إلى كتمان صوت دقات الجرس نتيجة تفريغ الهواء.

على الرغم من أن التجارب التي أجريت لباسكال (الذي منعه مرضه من القيام بها بنفسه) من قبل زوج أخته أشادت إلى أن الغلاف الجوي يرق كلما ارتفعنا عن سطح البحر، ومن ثم لا بد أن يصل إلى حد ينتهي عنده حيث يعلوه فراغ، فقد قال ديكارت إن السائل الكوني الذي يحدثنا عنه ممتد وراء الغلاف الجوي وعبر الكون، وبذلك لا يوجد فراغ في أي مكان في الكون. واستحدث ما يبدو للأعين الحديثة نموذجا شديد الغرابة حيث الكواكب في أفلاكها تحملها دوامات تدوم وسط هذا السائل، مثلها مثل شرائح الخشب التي تحملها دوامات الماء في المجرى المائي. واستطاع وفق منظوره هذا أن يؤكد أن كوكب الأرض لا يتحرك واقعيا، لأنه ثابت بالقياس إلى السائل الذي يستكن فيه - وأن هذا الرباط من السائل المحيط هو تيار متحرك حول الشمس. وتبدو الرؤية هنا أشبه بحيلة لإيجاد منفذ لاحتواء رؤية كوبرنيكس مع ضمان عدم إغضاب اليسوعيين - ولكن كل الشواهد تؤكد أن ديكارت كان مكرها على القول بهذا النموذج ليس بدافع الخوف من محاكم التفتيش، بل بدافع مقته لفترة الفراغ. والقصة كلها لا تستحق أن تمثل هامشا في ذيل صفحة التاريخ، إلا لشيء واحد. لقد كان تأثير ديكارت عظيما جدا على مدى العقود التالية لوفاته حتى أن فرنسا وبعض بلدان أوروبا أرجأت قبولها لأفكار نيوتن عن الجاذبية وحركات الكواكب بسبب تعارض هذه الأفكار مع فكر ديكارت. ويشي هذا بعامل التعصب القومي (الشوفينية) - إذ دعم الفرنسيون بطلهم الفكري ورفضوا أفكار الإنجليزي الغادر، بينما كان نيوتن، بطبيعة الحال، بمنزلة النبي الذي حظي بالتقدير والتكريم في بلده.

ونلحظ أن فكرة ديكارت عن كون فارغ من الفراغ، إن جاز هذا التعبير، قادته إلى طريق مسدود عندما حاول تفسير حركة الكواكب، بيد أنها أثمرت حين تعلقت بعمله عن الضوء، حتى إن ثبت بعد ذلك أنه قد جانبه الصواب. ذلك أن الضوء، في رأي الذريين ومن بينهم غاسندي، يحدث بسبب سيل من جسيمات دقيقة جدا تنبثق عن أجسام ساطعة، مثل الشمس، وتؤثر في عيني الرائي. وذهب ديكارت إلى أن الإبصار ظاهرة ناتجة عن ضغط داخل السيال الكوني، وهكذا فإن الشمس، كمثال، تطلق

السيال، وتتم ترجمة هذا الاندفاع (الذي يشبه دفع أو تحريك شيء بعصا) في الآن واللحظة إلى ضغط على عيني أي شخص أو كائن ينظر إلى الشمس (*). وعلى الرغم من أن الصيغة الأصلية لهذه الفكرة تصورت وجود ضغط ثابت على العين، فإنه لم يبق سوى خطوة قصيرة للوصول إلى الفكرة القائلة باحتمال وجود نبضات من الضغط المنتشر من جسم ساطع - ليس تماما مثل موجات صغيرة تنتشر عبر سطح غدير، بل أشبه بضغط موجات تتردد عبر كتلة الماء داخل الغدير إذا ما ضربت السطح بضربة قوية. ولكن الشخص الذي طور هذه الفكرة على نحو كامل في النصف الثاني من القرن السابع عشر هو كرستيان هوغنز، ابن صديق العمر لديكارت المدعو قنسطنطين، والذي كان مقدرا له أن يصبح أعظم علماء جيله لولا سوء حظه أنه نشط في مجال العلم في الوقت نفسه الذي نشط فيه إسحق نيوتن.

كرستيان هوغنز: إنجازاته في البصريات والنظرية الموجية للضوء

لم يكن والد هوغنز أول أبناء الأسرة الذين عملوا في خدمة بيت آل أورانج، ومن ثم كان متوقعا أن كرستيان المولود في لاهاي في الرابع عشر من أبريل 1629 سوف يقتفي تقليد الأسرة. ونظرا إلى أن كرستيان واحد من أبناء أسرة ثرية ومن وجهاء المجتمع، فقد تلقى تعليمه في البيت إلى أعلى مستويات التعليم في أيامه حتى بلغ السادسة عشرة، وهيأ له هذا فرصة كبيرة ومميزة لمقابلة شخصيات مهمة من الزائرين الذين اعتادوا زيارة البيت، ومن بينهم رينيه ديكارت. ولعل اتصاله بديكارت هو الذي أثار في نفس هوغنز الاهتمام بالعلم، بيد أنه حتى العام 1645 بدا كأنه ملتزم بمسار في اتجاه العمل الديبلوماسي عندما أرسلته الأسرة لدراسة الرياضيات والقانون بجامعة ليدن. واتجه أيضا ليقضي عامين إضافيين في دراسة القانون في بريدا، من 1647 وحتى 1649، ولكنه حين بلغ

(*) أوضح اسحق نيوتن فيما بعد، وبحدته المعهودة، خطأ هذه الفكرة. وقال إذا كان الإبصار يحدث نتيجة ضغط هذا السيال غير المرئي على العين فسوف يكون بالإمكان أن نبصر في الظلام إذا ما عدونا بسرعة كبيرة! ولكن لو افترضنا أن ديكارت امتد به العمر، فإنه يقينا سوف يرد على نيوتن قائلا ليس بإمكان أي امرئ أن يعدو بالسرعة اللازمة لإثبات صدق تلك الحيلة.

عامه العشرين تخلى عن تقليد الأسرة وقرر أن ينذر حياته لدراسة العلم. وجدير بالذكر هنا أن أباه (الذي لم يكن مجرد ديبلوماسي بل كان أيضا شاعرا موهوبا نظم الشعر باللغتين اللاتينية والهولندية، كما ألف في الموسيقى)، تحلى بأفق واسع وكان أبعد ما يكون عن الاعتراض على ما عزم عليه هوغنز بل وفر له مصروفا يسمح له بحرية الاختيار ودراسة ما يروق له. واستقر في موطنه لاهاي طوال السبع عشرة عاما التالية، عاكفا على الدراسة العلمية للطبيعة. كانت حياة هادئة هيأت لهوغنز الفرصة الكافية والوافية لإنجاز عمله، ولكنه لم يحقق لنفسه شهرة كعالم إلا بعد مضي فترة من الزمن، وذلك بسبب تردده الشديد في نشر أي من أعماله إلى حين إنجاز العمل كاملا بكل تفاصيله. ومع هذا، سافر إلى أنحاء كثيرة، بما في ذلك زيارة لندن العام 1661، ومكث في باريس خمسة أشهر من العام 1655، حيث التقى العديد من كبار العلماء، ومن بينهم بيير غاسندي.

وانحصرت دراسات هوغنز الباكرة في إطار الرياضيات أساسا، حيث أدخل تحسينات على التقنيات الموجودة واستحدث مهارات جديدة خاصة به، من دون أن يقدم فتوحات جديدة أساسية. وقاده هذا إلى الميكانيكا، حيث أنجز دراسة مهمة عن كمية التحرك ودرس طبيعة قوة الطرد المركزي، وأثبت تماثلها مع الجاذبية، وأدخل تحسينات على معالجة غاليليو لمسار المقذوفات. وحدد هذا الإنجاز بوضوح شديد طريق المستقبل، بحيث لو لم يظهر عبقري نادر مثل إسحق نيوتن في مثل هذا الوقت، لكان من المحتمل أن يكتشف امرؤ ما من جيل العلماء الثاني قانون التربيع العكسي للجاذبية المشهور (*). وذاع صيت هوغنز مع هذا كله (حتى خارج الأوساط العلمية) بفضل اختراع الساعة البندولية (واضح أن هذا تم في استقلال تام عن غاليليو)، وسجل براءة اختراعه العام 1657. وحفزه إلى هذا العمل اهتمامه بالفلك، حيث اشتدت بوضوح الحاجة إلى آلة لضبط الوقت بدقة، وأصبحت تمثل قوة ضاغطة أكثر فأكثر مع تزايد دقة آلات

(*) كان هوغنز نفسه يعاني من منطقة عمياء حالت دون اتخاذه هذه الخطوة فهو مثل ديكارت، لم يؤمن بأن القوى يمكن أن تمتد عبر فضاء فارغ، وإنما ظن أنها لا يمكن أن تنتقل إلا عن طريق التماس، ولو عبر سيال وسيط بالضرورة.

الرصــد التي يجري تصميمها. وعلى عكس الحال بالنســبة إلى التصميم الذي وضعه غاليليــو، أثبت هوغنز أنه وضع تصميما لجهاز أقوى وعملي أكثــر في ضبط الوقت (وإن لم يكن أفضل لضبط الوقت بدقة في عرض البحر، وهذه إحدى المشكلات الرئيسية التي بقيت وقتذاك من دون حل)، وفي العام 1658 بدأت الساعات المصنوعة وفق تصميم هوغنز تظهر في أبراج الكنائس في أنحاء هولندا، وسرعان ما انتشرت في أوروبا. ومن العام 1658 فصاعدا، وبفضل كرســتيان هوغنز، بدأ عامة الناس يحصلون على آلات لضبط الوقت (ســاعات) بدقة، بدلا من تقدير الأوقات في ساعات النهار على أســاس وضع الشمس في الســماء. وتميزت إنجازات هوغنز بطبيعتها الشمولية، بحيث إن أبحاثه على البندول بأشكاله المختلفة، مثلما قادته إلى تصميم ســاعة عمليــة، فإنها قادته أيضا إلــى نظرية محكمة عن سلوك الأجهزة التذبذبية Oscillating Systems بعامة وليس البندول فقط. وحقــق كل هذا نظرا إلى حاجته إلى جهاز دقيق لضبط الوقت في أعماله الفلكية.

وغنــي عن البيــان أن قليلين فــي يومنا هذا هم مــن يعرفون جهود هوغنز في مجال الساعات. ولكن هناك عددا غير قليل يعرفون أنه ساهم بنصيــب ما فــي النظرية الموجية للضوء. ونعرف أن هــذه النظرية، مثلها مثل نظريــة هوغنز عن الأجهــزة التذبذبية، حفز إليها النشــاط العملي المرتبط بالفلك. إذ في العام 1655، بدأ كرســتيان هوغنز العمل مع أخيه قســطنطين (الذي سمي على اســم أبيه) في مجال تصميم وصنع سلسلة من التلســكوبات التي أصبحت أفضــل الآلات الفلكية في عصرهم، وقد كانت جميع التلســكوبات الانكســارية وقتذاك تعاني مشكلة تسمى الزيغ اللوني Chromatic aberration، وتحدث هذه المشــكلة نتيجة أن عدسات التلسكوب تكسر الضوء بألوانه المختلفة وفقا لاختلاف طفيف في كمياته، ممــا يؤدي إلــى ظهور حواف ملونة حول أطر صور الأجســام المرئية عبر التلســكوب. ولم يكن من بأس في هذا إذا كنا نستخدم التلسكوب للتعرف على ســفينة في عرض البحر، ولكنه يعتبر مصدر خوف وقلق كبيرين إذا كنا ننشد عملا دقيقا في مجال الفلك. واهتدى الأخوان هوغنز إلى طريقة

لخفض الزيغ اللوني بنسبة كبيرة، وذلك بالجمع بين عدستين رقيقتين في عدسة التلسكوب، بدلا من عدسة واحدة ضخمة. حقا لم تكن كاملة تماما، ولكنها أفضل كثيرا جدا من كل ما كان في السابق. وتميز الأخوان أيضا في شحذ العدسات، وأنتجا كميات من العدسات الضخمة المشكلة بدقة بحيث إنها وحدها جعلت تلسكوباتهم أفضل من غيرها في زمانهم. وجدير بالذكر أنه مع استخدام أول تلسكوب تم صنعه وفق التصميم الجديد، اكتشف هوغنز تيتان، أكبر أقمار زحل، وذلك العام 1655؛ وهذا الاكتشاف يقارب في إثارته اكتشاف غاليليو للأقمار حول المشتري. ومع نهاية العقد، وباستخدام تلسكوب كان قد صنعه أيضا مع أغنية استطاع هوغنز أن يحل لغز الظهور الغريب لزحل نفسه، إذ اكتشف أنه محاط بحلقة رقيقة ومسطحة، والتي نراها أحيانا بوضوح من على كوكب الأرض (بما يبدو أنها تختفي)، ونراها أحيانا أخرى في المواجهة (بحيث نراها بتلسكوب صغير مثل التلسكوب الذي استخدمه غاليليو، ويبدو زحل وكأن له نتوءين بارزين). عززت هذه الاكتشافات شهرة هوغنز. وفي مطلع ستينيات القرن السابع عشر، قضى وقتا طويلا في باريس، وإن كانت إقامته لا تزال في لاهاي، وفي العام 1666، كانت الأكاديمية الملكية الفرنسية للعلوم قد تأسست، ودعته إلى العمل بشكل دائم في باريس، تحت رعاية الأكاديمية، كواحد من أعضائها السبعة المؤسسين.

ولقد كان تأسيس أولى جمعيات (أو أكاديميات) العلوم في هذا الوقت تقريبا هو، في حد ذاته، علامة مهمة في تاريخ العلم، تُميز منتصف القرن السابع عشر باعتباره الوقت الذي بدأ فيه البحث العلمي يمثل جزءا من المؤسسة. ونعرف أن أول جمعية علمية من هذا النوع تحصل على موافقة رسمية هي «أكاديمية التجربة» Academia del Cimento، التي أسسها في فلورنسا العام 1657 اثنان من تلامذة غاليليو السابقين، وهما إيفانجليستا تورشيللي وفنسنزو فيفياني، تحت رعاية الدوق الأعظم فرديناندو الثاني وأخيه ليوبولد. وتعتبر هذه الأكاديمية الخليفة الروحي للجمعية اللينكيانية التي أخفقت، والتي لم تدب فيها الحياة ثانية إثر وفاة فريدريكو تشيسي. ولكن «أكاديمية التجربة» نفسها بقيت لمدة عشرة

أعوام فقط، وانهارت في العام 1667، ليمثل انهيارها، شأن أمور أخرى، تاريـــخ نهاية الريادة الإيطالية للعلــوم الفيزيقية التي جاء ميلادها إلهاما من عصر النهضة.

وفـــي هذا الوقت، بدأت في لندن اجتماعات الجمعية العلمية التي قُدر لهـــا أن تصبح أطول الجمعيات العلمية عمرا وبقاء بشـــكل مطرد في العالم. إذ ابتداء من العام 1645 وما بعده، شرعت جماعة من أهل الفكر العلمي في الاجتماع معا بشـــكل منتظم في لندن لمناقشة الأفكار الجديدة والتواصل بشـــأن الاكتشافات الجديدة بين بعضهم وبعض، أو عبر رســـائل إلى من يماثلونهم في الفكر في مختلف أنحاء أوروبا. وفي العام 1662، وبناء على مرسوم الملك تشارلز الثاني، أصبحت الجمعية تحمل اســـم الجمعية الملكية (ولا حاجة بنا إلـــى الإفاضة في الحديث عنها بأكثر من قولنا إنها الجمعية الأولى في هذا الاتجاه، وتحمل اســـم «الجمعية الملكية»، ويشـــار إليها أحيانا توخيا للسهولة بكلمة «الملكية»). ولكن على الرغم من أنها ملكية بالاسم، فإن هذه الجمعية التي اتخذت من لندن مقرا دائما لها هي تجمع من أفراد كل باســـمه الخاص، وليس لها أي مصدر تمويل رســـمي، كما أن ليس لها التزامات تجاه الحكومة. وأصبـــح هوغنز أول عضو أجنبي من أعضاء الجمعية الملكية بعد زيارة قصيـــرة للندن في العام 1663. والمعادل لها في فرنســـا هي «أكاديمية العلوم» Academie des Sciences، التي تأســـست بعد أربع سنوات من تســـلم «الملكية» مرســـومها، وكان لها ميزة أنها مؤسسة حكومية أقيمت تحت رعاية لويس الرابع عشـــر (جد هنري الرابع)، الذي سمح بتوفير الدعم المالي والتســـهيلات العملية للعلماء المبجلـــين من أمثال هوغنز، ولكن الحكومة الفرنسية أيضا فرضت عليها التزامات معينة (قد تكون مرهقة أحيانا). ونظرا إلى ما حققته الجمعيتان من نجاح كل بطريقتها الخاصة، فقد حفزت إلى أن تحاكيها جمعيات أخرى كثيرة (غالبا على نمط إحداهما)، وتمثلت البداية في المحاكاة في أكاديمية فيسنشـــافتن الألمانيـــة Akademia der Wissenschaften، التي تأســـست في برلين العام 1700.

وكان هوغنز دائم المعاناة بسبب اعتلال صحته، واتخذ من باريس مقر إقامة دائمة له على مدى الأربع عشرة سنة التالية، ولكنه اضطر إلى العودة إلى هولندا مرتين لفترات طويلة ليسترد صحته. بيد أن هذا لم يحل دونه وإنجاز بعض من أهم أعماله في أثناء فترة إقامته في باريس، وأكمل في باريس (باستثناء بعض التفاصيل) مؤلفه عن البصريات في العام 1678 (ولكن كما هو معهود من هوغنز، فإنه لم ينشره كاملا إلا العام 1690). وإذا كان هوغنز اعتمد في كتابه هذا إلى حد ما على أعمال ديكارت، مع اختلافه في الأفكار، فإن نظريته عن الضوء مؤسسة بشكل تام وواضح على تجاربه العملية في مجال إنتاج العدسات والمرايا، فضلا عن صراعه مع المشكلات التي واجهها (من مثل الزيغ اللوني) عند صنع التلسكوبات. وأصبح في الإمكان بفضل نظريته تفسير كيفية انعكاس الضوء عن طريق المرآة، وكيفية انكساره، حيث يمر في الهواء عبر الزجاج أو الماء، وتعتمد جميع التفسيرات على حدوث موجة ضغطية داخل سائل وهو ما بات يعرف باسم الأثير. وأسهمت النظرية في تنبؤ مهم بشكل مميز – أن الضوء تكون سرعته أبطأ عند النفاذ عبر وسط أكثر كثافة (مثل الزجاج) مما تكون الحال عبر وسط أقل كثافة (مثل الهواء). وتأكدت أهمية ذلك على المدى البعيد، ذلك لأن هذه النظرية أسهمت في عمل اختبار حاسم لمعرفة ما إذا كان الضوء ينتقل في صورة موجة أم في صورة سيال من الجسيمات. وأكدت كذلك أهميتها الكبرى على المدى القصير، نظرا إلى أن ديكارت، وكل من سبقوه، افترضوا أن الضوء ينتقل بالضرورة بسرعة لا نهائية، ولهذا فإن نموذج ديكارت يفترض حدوث اضطراب في الشمس (هكذا فرض) ويؤثر في العين في الآن واللحظة. وأثبت هوغنز أنه على صواب في بحثه عندما استخدم سرعة متناهية للضوء في نموذجه في أواخر سبعينيات القرن السابع عشر، واستطاع ذلك لأنه كان في موقع الحدث في باريس، حيث تم الاكتشاف الحاسم.

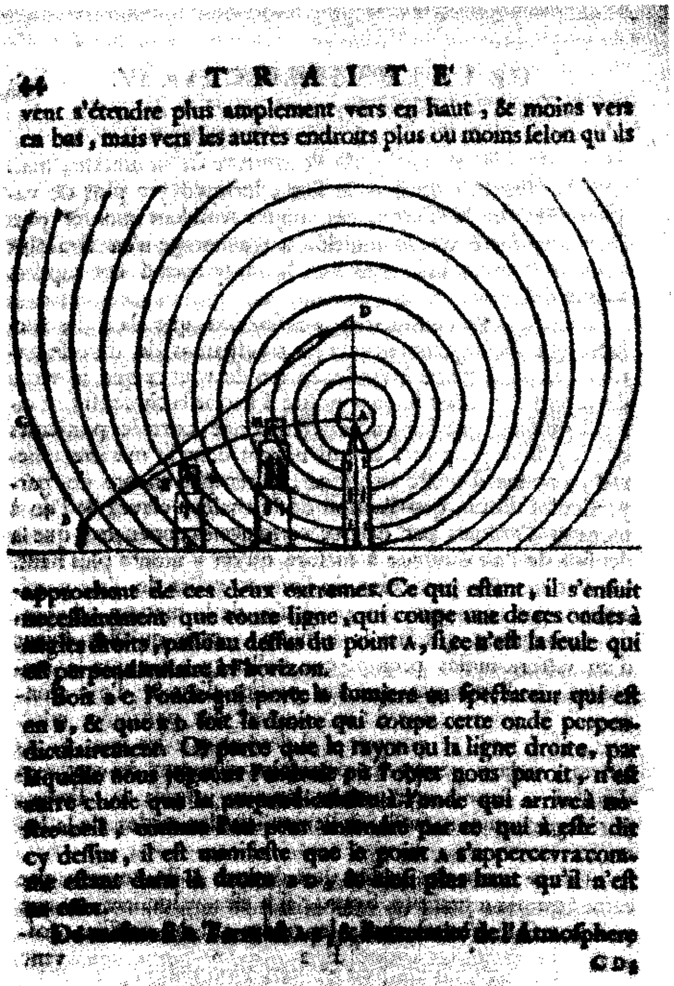
ولكن القفزة المفاهيمية المهولة اللازمة لتقدير أن سرعة الضوء، التي وإن كانت سرعة كبيرة جدا، بيد أنها ليست لا نهائية، وانبثقت من أعمال أول رومير الدنماركي الذي أنجز دراسته هذه بينما كان معاصرا لهوغنز في الأكاديمية الفرنسية. ولد رومير في أرهوس في 25 سبتمبر 1644،

وبعد دراســته في جامعة كوبنهاغن، واستقر هناك، حيث عمل مساعدا لعالم الفيزيــاء والفلك أرازمــوس بارثولين. وفي العام 1671، أرســلت الأكاديمية الفرنسية جين بيكار (1620-1682) إلى الدنمارك للتأكد من الوضع المحدد والدقيق لمرصد تيشو (لأهمية ذلك للدراسة التحليلية الدقيقة لأعمال الأرصاد التي نفذها)، وســاعده في هذه المهمة رومير الذي أبلى معه بلاء حســنا إلى الحــد الذي جعل الأكاديمية تدعوه إلى باريس، حيث عمل فيها وأصبح معلما خاصــا. وأنجز رومير أعظــم أعماله نتيجة أرصاده لأقمار المشــتري، والتي تعاون معه فيها جيوفاني كاســيني (عاش من 1625 وحتى 1712)، واشتهر لاكتشــافه ثغرة في حلقات زحل، والتي لا تزال تعرف باســم فاصل كاسيني. ونظــرا إلى أن كل قمر يــدور في فلك منتظم حول الكوكب الأب، تماما مثلما تدور الأرض عاما بشكل منتظم في مدارها حول الشمس، فإن كل قمر سوف ينخسف خلف المشتري على مدى فترات منتظمة. ولحظ رومير، مع ذلك، أن الفترة بين حالات الخســوف هذه ليســت واحدة تماما، وإنما تختلف بطريقة لها علاقة بوضع كوكب الأرض في مداره حول الشــمس، وبالنسبة إلى وضع المشــتري. وفسر ذلك بأنه نتيجة الســرعة المتناهية للضوء - إذ حينما تكون الأرض في أبعد مواضعها عن المشــتري، فإننا نرى حالات الخسوف متأخرة، ذلك لأن الضوء الذي يحمل إلينا أخبار الكسوف ينتقل عبر مسافة أطول من المشــتري إلى تسلكوباتنا. وتنبأ رومير، تأسيســا على نمط اكتشافه لطريقة تباين مواقيت الخســوف، أن خسوف قمر غاليليو، وهو الأقرب إلى المشتري، ســيكون في 9 نوفمبر 1679، وسوف يحدث متأخرا تسع دقائق عما توقعته جميع الحســابات الســابقة. وتأكد صدق نبوءته على نحــو مثير. وبناء على اســتخدام أفضــل تقدير متاح آنذاك لقطر مدار كوكــب الأرض، وفق رومير منذ ذلك التأخير أن سرعة الضوء لا بد أن تكون (وفق وحدات العصر الآن) 225.00 (*) كيلو مترا في الثانية. كذلك فإن اســتخدام الحساب نفسه،

(*) المســافة مشــتقة من مقاييس اختلاف وضع النظر إلى المريخ التي تمت العام 1671 والتي حددها فريق فرنســي تأسيســا على عمليات رصد آنية أجراها جين ريشــر من كايين، في غانا الفرنسية، وكاسيني من باريس. ويبدو أن الفارق البسيط في موضع المريخ إزاء النجوم الأساسية المرئية من الطرفين لخط الأســاس جعل بالإمكان حســاب المسافة إلى المريخ، وإضافة هذا إلى قوانــين كيبلر يعطينا مــدارات جميع الكواكب. وطبيعي أن هذا كله يمثــل تأكيدا مثيرا لصواب نموذج كيبلر، إن كان لايزال هناك خارج روما من هو بحاجة إلى تأكيد واقتناع.

مع الاستعانة بأحدث وأفضل تقدير آنذاك لحجم مدار كوكب الأرض، فإن أرصاد رومير نفسه تعطينا أن سرعة الضوء هي 298.00 كيلو متر في الثانية. والشيء المثير والمذهل هو أن هذا التقدير قريب من التقييم الحديث لسرعة الضوء، وهو 299.792 كيلو متر في الثانية، مع التسليم بأنه كان أول قياس في التاريخ لهذه السرعة. وبعد أن تأكدت مكانة رومير في التاريخ (وإن كان هوغنز هو أسرع من اقتنع آنذاك)، سافر إلى إنجلترا، حيث التقى إسحق نيوتن وأدموند هالي وجون فلامسيتد وآخرين. وعاد إلى الدنمارك العام 1681، وقد أصبح عالم الفلك الملكي، ومدير المرصد الملكي في كوبنهاغن، وتوفي هناك في 23 سبتمبر 1710.

ويمثل كتاب هوغنز عن الضوء، والذي أنجزه بالاشتراك مع رومير في باريس، التتويج الحقيقي لإنجازاته، وقد نشر العام 1690 تحت عنوان «رسالة عن الضوء» Traite de la Leumière. وأكمل هوغنز الكتاب بعد عودته إلى هولندا العام 1691، وسبب ذلك تدهور صحته من ناحية، وكذا بسبب أن المناخ السياسي في فرنسا تحول ثانية من ناحية أخرى. وصدقني، فإن السياسة أمر معقد على نحو غير قليل. إذ على الرغم من اعتراف إسبانيا العام 1648 باستقلال الجزء الشمالي من هولندا (تستخدم في الإنجليزية كلمة هولندا، الذي هو اسم المنطقة الشمالية، للدلالة على كل البلد اليوم)، فإن الإسبان ظلوا مسيطرين على الجزء الجنوبي من هولندا. وفي العام 1660، تزوج لويس الرابع عشر بماريا تيريزا، كبرى بنات فيليب الرابع ملك إسبانيا، وعندما مات فيليب العام 1665، ترك ابنه الرضيع تشارلز الثاني ليخلفه على العرش، وانتهز لويس الفرصة ليعلن أن ممتلكات إسبانيا تمتد في هولندا (وتضم الكثير من أراضي ما يعرف الآن ببلجيكا) لينظر نظرة طمع إلى هولندا بالمثل. وصادفت طموحاته في البداية معارضة من جانب حلفاء هولندا، وإنجلترا، والسويد. بيد أن لويس الرابع عشر أقنع إنجلترا لتغيير موقفها، عارضا حوافز مالية ضخمة مع وعدها بمساحة من أرض قارة أوروبا في حال هزيمة هولندا.



44 TRAITE

vent s'étendre plus amplement vers en haut, & moins vers en bas, mais vers les autres endroits plus ou moins selon qu'ils

approchent de ces deux extremes. Ce qui estant, il s'ensuit

صورة للموجات الضوئية من رسالة هوغنز عن الضوء، 1690

ونظر الشعب الإنجليزي باستياء شديد إلى هذا التحالف غير الطبيعي الذي حدث لأسباب منها أن تشارلز الثاني ملك إنجلترا ابن أخ لويس الرابع عشر - وأن تشارلز الأول سبق أن تزوج بهنريتيا ماريا، أخت لويس الثالث عشر. وتطلع تشارلز الثاني أيضا في لهفة بحثا عن حليف قوي نظرا إلى أنه عائد أخيرا فقط إلى العرش بعد الحرب الأهلية الإنجليزية وعطلة البرلمان، وحتى يزداد الأمر تعقيدا تضمنت المعاهدة بينه وبين لويس الرابع عشر بندا سريا ينص على أن يتحول تشارلز إلى الكاثوليكية. ولكن ما حدث في الواقع هو أن تشارلز لم يتحول إلى الكاثوليكية إلا وهو على فراش الموت. ولا غرابة في أن الحلف لم يدم، وبعد أن مني الأسطول الإنجليزي بهزائم متتالية على أيدي الهولنديين، بعد العام 1672 وجدت فرنسا نفسها وحيدة لغزو هولندا. واستطاعت هولندا تحت إمرة وليام

أورانج (وهو نفسه أحد أحفاد تشارلز الأول ملك إنجلترا وابن أخت تشارلز الثاني، نظرا إلى أن أمه هي أخت تشارلز الصغير)، وبمساعدة أوساط عديدة (ومن بينها إسبانيا التي تبتهج لأي فرصة لتكوين حلف لمعارضة فرنسا، حتى وإن كان هذا يعني مساعدة هولندا)، أعود لأقول استطاعت القوات الهولندية ليس فقط أن تصد الغزو بل وأن تعقد سلما مشرفا عند توقيع معاهدة في نيميغن العام 1678. وبعد أن هُزم طموح فرنسا، على أيدي البروتستانت في هولندا جزئيا، أصبح وضع البروتستانت الهولنديين المقيمين في باريس لا يطاق (وطبيعي أنهم كانوا سيلقون معاملة وتسامحا أفضل لو أن فرنسا كسبت الحرب). ودفع هذا هوغنز إلى العودة إلى الوطن (*). واستطاع هوغنز على الرغم من استمرار اعتلال صحته أن يقوم بعدد من الرحلات الخارجية، بما في ذلك زيارة أخرى إلى لندن العام 1689، حيث التقى نيوتن. ولكن المرض أقعده أخيرا سنة 1694، واستمر يعاني عدة شهور إلى أن وافته المنية أخيرا في لاهاي في الثاني من يوليو 1695.

روبرت بويل ودراسة ضغط الغاز

على الرغم من الحرب بين فرنسا وهولندا، فإن حياة هوغنز تكاد لم تشهد أي حدث خارج دراساته العلمية. ويكاد الشيء نفسه يصدق على معاصره روبرت بويل، الذي استطاع وحده تقريبا أن يجعل الكيمياء دراسة موضع تقدير واحترام ودرس سلوك الغازات على امتداد حياته، وطور فكرة الذرات كما كانت حياته خارج العلم أقرب إلى صفحات من عمل روائي.

وإذا كان هوغنز ولد وفي فمه ملعقة من فضة، فإن بويل ولد وفي فمه صندوق ملاعق. وتذكر أغلبية الروايات عن حياة روبرت بويل أنه الابن الرابع عشر (الولد السابع وإن مات، أحدهم لحظة الميلاد) لإيرل كورك،

(*) لم تكن معاهدة سلم نيميغن نهاية القصة. إذ ألقى لويس الرابع عشر مرسوم نانتيس في العام 1685، ونشبت الحرب ثانية العام 1688، واستمرت تسع سنوات هذه المرة، وشاركت إنجلترا الآن إلى جانب هولندا (إذ بعد وفاة تشارلز الثاني العام 1685 خلفه أخوه جيمس الثاني، وكان كاثوليكيا، ونتيجة لذلك أصبح وليام أورانج يحمل اسم وليام الثالث ويحكم انجلترا بالاشتراك مع زوجته ماري، ابنة جيمس الثاني، بعد إرغام أبيها على التخلي عن العرش العام 1689.

أغنـــى رجل في الجزر البريطانيـــة وقتذاك. بيد أن روايات قليلة هي التي توضح أن الإيرل ليس سليل عائلة أرستقراطية، بل هو عصامي تلهبه رغبة حارقة لتكوين ثروته وانتزاع مكانة محترمة في المجتمع، ومغامر في عصر الملكـــة إليزابيث نجح بمزيج من الحظ والمهارة. بدأ حياته (في 13 أكتوبر 1566) رجلا عاديا باســـم ريتشارد بويل، من أسرة نبيلة ولكنها ليست ذات مكانة بارزة. والتحق بمدرسة كنغ سكول في كانتربري في مطلع ثمانينيات القرن السادس عشـــر، في الوقت نفسه الذي كان كريستوفر مارلو، الذي يكبره بعامين، يدرس فـــي كامبريدج. وبدأ يدرس القانون في ميدل تمبل، ولكن نفدت أمواله وعمل كاتب محام في لندن قبل أن يبدأ مشـــوار تكوين ثروته في إيرلندا (التي كانت وقتذاك مستعمرة إنجليزية) في 1588، وهي نفس ســـنة الأرمادا الإســـبانية نفسها وأيضا الســـنة التي بلغ فيها الثانية والعشـــرين من العمر. واضطر إلى أن يشق طريقه في الحياة بنفسه نظرا إلى وفاة أبيه منذ زمن طويل، ووفاة أمه سنة 1586.

ووصل ريتشـــارد بويل، وفـــق روايته هو، إلى دبلـــن حاملا 27 جنيها إسترلينيا، وخاتما ماسيا وسوارا ذهبيا أعطتها له أمه، علاوة على حقيبته وفيها ســـترة جديدة وعباءة، وبعض الملابس الداخلية، وزد على هذا سترة من نســـيج التفتة، وبنطلونات من قطيفة ســـوداء، وعباءة وخنجر، وسيف ذي حدين يشـــده إلى وســـطه. وربما كانت معه قبعـــة وإن لم يذكر ذلك. ونظرا إلى أن بويل إنســـان متعلم وذكي، يشـــق طريقه بقوة صاعدا، فقد وجد بســـهولة عملا في إدارة حكومية تتعامل في الأراضي والعقارات التي استولى عليها التاج في أثناء احتلال إيرلندا الذي تم في هذا الوقت نفسه. ولقد تم الاســـتيلاء على مناطق ضخمة في البلـــد وأعطتها الدولة منحة (أو بيعـــا) للإنجليز من أبناء العائلات الراقيـــة، هذا بينما كان لزاما على مـــلاك الأراضي الإيرلندية في حالات أخـــرى أن يثبتوا بالبرهان والدليل ملكيتهم لأراضيهم وعقاراتهم. وغير خاف أن الرشـــا والهدايا لأمثال بويل تعد ســـلوكا عاديا، بينما هيأت له طبيعـــة العمل معلومات من الداخل عن الأراضي المتاحة بأثمان زهيدة. وأكثر من هذا أن المساومات للبيع والشراء يتعين دفع مقابل لها. وبعد ســـبع سنوات من الفشل في تكوين ثروة، تزوج

ريتشـــارد العام 1595 أرملـــة ثرية تمتلك أراضي تغل ســنويا 500 جنيه إسترليني قيمة إيجارية، وشرع في استثمار هذا المال، مما حقق فيما بعد نجاحا فاق أكثـر أحلامه طموحا على الرغم من أن زوجته توفيت بعد أن وضعت وليدها ميتا سنة 1599.

وقبــل أن يؤمّن ريتشـــارد بويل وضعه أخيرا، مني بنكســة حين فقد قسطا ضخما من أملاكه في ثورة مقاطعة مونستر الإيرلندية العام 1598، واضطر إلى الفرار إلى إنجلترا؛ وقبضت عليه الســلطات في هذا الوقت تقريبا بســبب اتهامات له بالاختــلاس، ولكنها أفرجت عنــه (وكان على الأرجح مذنبا، ولكنه داهية بحيث أخفى معالم الجريمة)، في أثناء محاكمة ترأســتها الملكة إليزابيث مع مجلسها الخاص. وأثار دفاع بويل الناجح عن قضيته إعجاب الملكة، ولذلك عندما أنشـئت إدارة جديدة في إيرلندا عُين كاتبا للمجلس، وهو المنصب الرئيســي المســؤول عن الإدارة اليومية للبلد. والصفقة الأهم والتي غيرت حياته أتت العام 1602، إذ اشــترى عقارات مهجورة في ووترفيلد وتيبيراري وكورك بســعر زهيد جدا من ســير والتر رالي الذي أهملها إهمالا شــديدا بحيث باتت عبئا ماليا، ولكن ريتشـــارد حولها بفضل الإدارة الجيدة إلى مصدر ربح كبير. وعمل في السياق نفسه وأنشــأ مدارس وملاجئ للفقراء، وطرقا جديدة وجسورا، بل وأسس مدنا جديــدة كاملة، وهكذا أصبحت أقدامه راســخة، ودعم مركزه كواحد من أكثر المستثيرين من كبار الملاك الإنجليز في إيرلندا وقتذاك.

وبحلول العام 1603 كان ريتشـــارد بويل قد صعد الســلم الاجتماعي إلى مســتوى عال جدا حتى أنه تزوج كاترين فنتون، وهي فتاة في السابعة عشرة من العمر وابنة وزير خارجية إيرلندا، فضلا عن حصوله على لقب فارس في اليوم نفسه. وأنجبت له كاترين ما لا يقل عن أربعة عشر طفلا تزوجوا جميعا فور بلوغ الســن المناسبة لكي يزودوا الأسرة بأكبر عدد من العلاقات المتميزة التي استطاع سير ريتشارد أن يهيئها بقدراته الشخصية وبأمواله (وحري الإشارة هنا إلى أنه أصبح أول إيرل لكورك سنة 1620، والفضل في ذلك يعود إلى «هدية» قدرها 4 آلاف جنيه إســترليني قدمها للجهــات المعنيــة تماما). وحدث أكثر هذه المناســبات إثــارة عندما تزوج

فرنسيس بويل وهو في الخامسة عشرة من العمر إليزابيث، ابنة سير توماس ستافورد، وهو نبيل يعمل دليلا للملكة هينريتا ماريا (أخت لويس الثالث عشر، وأرجو من القارئ أن يتذكر هذا). وزف الملك تشارلز الأول العروس إلى عريسها، وساعدت الملكة العروس في تهيئة نفسها لفراش الزوجية، وانتظر الملك والملكة إلى أن اطمأنا برؤية العروسين معا في فراش الزوجية.

وحققت الزيجات المختلفة أهدافها من حيث توطيد روابط عائلة بويل محدثة الثراء (وهو ما لم يكن ليمثل وصمة عار في تلك الأوقات) في داخل المجتمع الرسمي، بيد أنهم جميعا لم يكونوا موفقين على مستوى العلاقات الشخصية. ولم ينج من هذا المصير سوى اثنين هما روبرت، الابن الأصغر للإيرل (والمولود في 25 يناير 1627، وقتما كانت الأم في الأربعين والأب 61 من العمر)، ومارغريت، الأخت الأصغر من روبرت - وتحقق لهما هذا لسبب واحد وهو أن الإيرل وافته المنية قبل أن يبلغا سن الزواج لكي ينظمه لهما الأب (بالنسبة إلى حالة روبرت فإن الأب تهيأت له فرصة اختيار العروس لابنه ثم وافته المنية قبل تنظيم الزفاف). ولم يتزوج أي من الاثنين أبدا، ولعل السبب إلى حد كبير هو تماثل نظرتيهما إلى المصير الذي آلت إليه زيجات الأخوة الأكبر.

ليس يسيرا أبدا من الناحية البدنية أن يعيش امرؤ ابنا لبويل ريتشارد، حتى وإن توافر له كل الأمن المالي اللازم. إذ على الرغم من الثروة الطائلة، كان الأب عاقدا العزم على تنشئة أبنائه الذكور خصوصا تنشئة لا تعرف الدعة واللين، ووصولا إلى هذا الهدف كان لزاما على كل ابن من أبنائه فور بلوغه سن النضج أن يترك أمه ويعيش بعيدا مع أسرة تُختار بعناية ليخشوشنوا. ومعنى هذا بالنسبة إلى روبرت أنه بعد أن ترك البيت صغيرا لم ير أمه ثانية، نظرا إلى أنها توفيت وهي في منتصف الأربعين من عمرها، بينما كان هو في الرابعة من عمره، أي أنها ماتت قبل عودته إلى البيت بعام واحد. وعاش روبرت من الخامسة من العمر حتى الثامنة مع أبيه ومع من لم يتزوج من أشقائه (وهو عدد يتناقص باطراد)، وتعلم أساسيات القراءة والكتابة واللغتين اللاتينية والفرنسية. وأصبح بذلك

مهيأ للمرحلة التالية لعملية الخوشـــنة وأرســـله أبوه إلى إنجلترا (بصحبة أخيه فرانســيس الأكبر منه قليلا) للدراسة في إيتون، حيث الرئيس سير هنري وانون، السـفير السابق لدى فينيسيا، وصديق قديم للإيرل. وتلاءم روبرت سريعا مع الحياة الأكاديمية، حتى كان لا بد من إرغامه بين الحين والآخر على ترك دراسته للمشـاركة في الألعاب التي كانت وقتذاك تمثل جانبا غاية في الأهمية في الخبرة المكتسـبة في جامعة إيتون، ولكنه كان يمقتها أشـد المقت. واعتاد أن يقطع المرض المتواتر حبل دراسته بين حين وآخر، حيث اعتاد أن يدهمه المرض طوال حياته.

وعندما بلغ روبرت الثانية عشرة من عمره، اشترى أبوه عزبة ستولبريدج في دورسـيت لتكون مقر إقامته الإنجليزية، وأخذ معه فرنسيس وروبرت للعيش معه هناك – عمليا فرنسـيس هو الذي عاش فـي العزبة، ولكن روبرت، الذي كان الاعتقاد السائد أنه الابن المفضل لدى أبيه (وربما لهذا السـبب) فقد أقام في الخارج مع كاهن الكنيسة ليحثه على الدراسة بدلا من قضاء سـاعات يومه عبثا. وبدا أن مصيـره الالتحاق بالجامعة، ولكن فرنسيس عندما تزوج بإليزابيث ستافورد (وأصبحت تعرف بعد ذلك باسم «بلاك بيتي» نظرا إلى جمالها حتى ذاع صيتها (أو قل افتضح أمرها) في البلاط، إذ أصبحت عشيقة تشارلز الثاني وأنجبت بنتا منه)، تغيرت حياة روبـرت جذريا. ونظرا إلى أن الأب كعادته دائما لم يكن راغبا في أن يدع أبناءه يتمتعون بأي شـيء يمثل متعة لا معنى لها، فإنه بعد الزفاف بأربعة أيام أرسـل الإيرل عروس فرنسيس البالغة من العمر 15 عاما إلى فرنسا وبصحبتهـا معلم خاص وكذا أخوه روبـرت. وتواتر أن العريس حزن حزنا وضاعف من أسـاه معرفته بالمصدر الذي أرغمه علـى ذلك (*). ولكن لا مجال للجدل مع أب مثل إيرل كورك الأول.

وسـافر الفريق الصغير عبر فرنسـا عن طريق رون، وباريس، وليونز، واسـتقر في جنيف، حيث عثـر روبرت أخيرا على نوع مـن الرياضة التي يسـتمتع بها (التنس)، ولكنه واصل الدراسـة بحماسـته القديمة، أيا كانت الظروف المحيطة به. وفي العام 1641، خرج فرنسـيس وروبرت ومعلمهما

(*) الاقتباس من بلكنغتون.

فـــي زيارة إلى إيطاليا (مولها الإيـــرل بميزانية لا يصدقها العقل، وهي ألف جنيه إســـترليني ســـنويا)، وكانوا بالفعل في فلورنسا وقت وفاة غاليليو (*). وصاحبت الوفاة ثورة واهتياج في فلورنسا أثارت فضول الفتى بويل، ومن ثم بدأ يطالع، بنهم وعلى نطاق واســـع، كل ما يتعلق بغاليليو وأعماله؛ ويبدو أن هذا يمثل حدثا مفتاحا في ما قرره الفتي لنفسه لكي يطور اهتمامه بالعلم.

ولكـــن الأوضاع في الوطن بدأت تتغير بشـــكل مفاجئ. وعلى الرغم مـــن أن إيرل كورك كان يمثل في الأغلب الأعـــم نموذجا للإقطاعي، فإن جل نظرائه الإنجليز اعتادوا معاملة الإيرلنديين بخشـــونة شديدة، وغلظة شـــديدة مما جعل وقوع نوع من الثورة أمـــرا حتميا. واندلعت الثورة فعلا العـــام 1641 (**). وســـواء أكان إقطاعيا نموذجيـــا أم لا، فإن الإيرل لم يكن في وســـعه الإفلات من عـــداوات الإيرلنديين لكل مـــا هو إنجليزي، وعندما اندلعت شـــرارة الحرب (وهي حرب أهلية بالفعل) تبدد فجأة كل دخـــل الإيرل الذي يأتيه من إقطاعياته وعقاراته الضخمة داخل إيرلندا. وعندمـــا أكمل الأخوان بويل مغامرتهما في إيطاليا ووصلا إلى مرســـيليا نمت إلى أســـماعهما أول أنباء عن الثورة، إذ تلقيا رســـالة تقول إن حصة المال المخصصة لهما وقدرها ألف جنيه إسترليني انتهت، مع وعد بإرسال 250 جنيها إســـترلينيا (لا تزال مبلغا كبيرا عمليـــا) لدفع تكاليف العودة فـــورا إلى الوطن. ولكن حتى الـ 250 جنيها لـــم تصل، ويبدو أن من وثق به الإيرل لكي يســـلمها لابنيه قد ســـرقها. وتحســـبا لهذه الظروف، فإن فرنسيس الابن الأكبر مضى للبحث عن أفضل سبيل للعودة لمساعدة الأب والإخوة (مســـاعدتهم في معركة الحياة)، بينمـــا بقي روبرت الأصغر مع معلمهما فـــي جنيف. ومع انتهاء التقاتل العام 1643؛ أصبح إيرل كورك،

(*) وحدث في فلورنســـا أن اصطحب المعلم الخاص روبرت البالغ من العمر 15 ســـنة للاطلاع علـــى مباهج بيت للدعارة (للفرجـــة فقط) باعتبار ذلك جزءا من تعلـــم مختلف جوانب الحياة. وأثرت فيه هذه الخبرة، كما تأثر بمناسبة أخرى حين كان هدفا «لمغازلة منافية لما هو طبيعي من جانب اثنين من الرهبان اللذين تؤرقهما شهوة لا تمايز بين الجنسين». ويبدو أن هذا جعله عازفا عن الجنس مدى الحياة. وعاش روبرت عزبا طوال حياته مما أثار تســـاؤلات حتمية عن حقيقة توجهه الجنســـي، ولكن وصفه للكاهنين ينفي عنه هذا الميـــل، إذ يقول عنهما «لوطيان تحرقهما نزوة التيوس».

(**) ليســـت هناك من ســـلطة مرجعية أفضل من أوليفر كرومويل الذي قيل إنه أبدى ملاحظة تفيد بأنه لن يقع تمرد إيرلندي «إذا ضمت كل مقاطعة شخصية مثل إيرل كورك».

الذي كان يوما أغنى أغنياء إنجلترا، محطما ودهمه الفقر ومات له ابنان في المعركة (ولكن فرنسيس أبلى بلاء حسنا في المعركة وبقي على قيد الحياة). وسرعان ما لحق بهما الأب إلى المقبرة بعد مضي شهر من بلوغه السابعة والسبعين من العمر. وعاد روبرت في السنة التالية إلى إنجلترا وعمره 17 سنة، ولم يعد هذه المرة فقيرا لا يملك فلسا فقط، بل ملزما، بناء على كلمة شرف، بسداد النفقات التي تحملها معلمه للإنفاق عليه في جنيف ومساعدته على العودة إلى الوطن. وكأن هذا كله لم يكن كافيا إذ على الرغم من الاقتتال في إيرلندا توقف، فقد اندلعت حرب أهلية في إنجلترا.

نعرف أن أسباب الحرب الأهلية الإنجليزية كثيرة ومعقدة، ولا يزال المؤرخون يتجادلون بشأنها. ولكن واحدا من أهم أسباب إشعال الصراع وقتذاك هو الثورة في إيرلندا، التي كلفت عائلة بويل كل غال ونفيس. لقد كان تشارلز الأول (الذي خلف أباه جيمس الأول على العرش العام 1625) في نزاع مع البرلمان، وعندما كان لا بد من حشد الجيش لإخماد الثورة الإيرلندية، اختلف الفريقان على من له الحق في حشد الجيش، ومن له السلطان عليه. كانت النتيجة أن أمر البرلمان بتكوين ميليشيا تحت سيطرة ضابط من اللوردات يعينه البرلمان، لا الملك. وحيث إن الملك لن يوافق على ذلك، فإن التشريع اللازم لذلك وهو مرسوم المليشيا لعام 1642، الذي أجازه البرلمان من دون أن يشغل باله بتفاصيل الحصول على توقيع الملك. وفي 22 أغسطس من العام نفسه، جمع الملك ألوية جيشه الخاص في توتنغهام، وحشد أتباعه ضد البرلمان. ودارت رحى المعارك بين الجانبين، وبرز نجم أوليفر كرومويل باعتباره الزعيم المبرز للقوات البرلمانية، وانتهت المرحلة الأولى من المعركة بهزيمة قوى الملك في نيسبي في يونيو 1645 وسقوط أكسفورد بيد القرى البرلمانية في يونيو 1646، وسقط الملك نفسه في أيدي البرلمانيين في يناير 1647.

ولم يعمر السلم طويلا، نظرا إلى هروب تشارلز من مكان احتجازه على جزيرة وايت في نوفمبر وجمعه قواته وتوصله إلى اتفاق سري مع الأسكتلنديين، إذ قدم تنازلات لأتباع الكنيسة المشيخية إذا ما عاد إلى

العرش قبل أسره ثانية. وحاول الأسكوتلنديون تنفيذ ما يخصهم في هذه المساومة، ولكن منيت قواتهم بالهزيمة في أغسطس 1648 في معركة بريستون، وأُعدم تشارلز الأول في 30 يناير من العام التالي. وعاشت إنجلترا من 1649 وحتى 1660 من دون ملك، بينما يحكمها البرلمان، حتى 1653، ثم حكمها كرومويل باعتباره لوردا وصيا على العرش منذ ذلك التاريخ حتى وفاته 1658. ثم تكشفت الأمور، وكأنها فيلم يسترجع أحداث العقدين السابقين بالعودة إلى الماضي بسرعة بالغة. إذ إن إنجلترا التي عانت كل المشكلات الممكنة في سبيل الخلاص من نظام الملكية الوراثية، وجدت أخيرا ريتشارد كرومويل، ابن أوليفر، يظهر وريثا له باعتباره اللورد الوصي، ولكن الجيش عزله من أجل إعادة بقية أعضاء برلمان 1653. ونظرا إلى أن أحدا منهم لم يحظ بالقبول رأسا للدولة، أعيد تشارلز الثاني المنفي في فرنسا إلى العرش العام 1660. وعلى الرغم من أن ميزان القوى بعد الحرب الأهلية مال بوضوح لمصلحة البرلمان، وبعيدا عن الملك، بيد أننا الآن ونحن على بعد نحو 350 سنة نرى التحول إنجازا شديد التواضع بالقياس إلى الجهد الكبير المبذول.

وكانت إنجلترا وقت عودة بويل مقسمة إلى حد كبير، حيث يسيطر الملكيون على مناطق (والقيادة في أكسفورد) ويسيطر البرلمانيون على مناطق أخرى (من بينها لندن والجنوب الشرقي). ولكن الحياة بالنسبة إلى الكثيرين سارت من دون مشكلات. فيما عدا المناطق التي تدور فيها رحى المعارك المعدة سلفا. ولم يكن أصغر أبناء إيرل كورك الأول من بين الأغلبية. إذ كان واضحا أن العائلة تحدد موقفها لصديقة للملك، وربما بدا واضحا أن من الصعوبة بمكان على روبرت أن يلتزم بغريزته الطبيعية ويطأطئ رأسه ويتجنب التورط في الصراع إن لم يتخلص بلباقة من هذه الزيجة التي دبرها أبوه. والمعروف أن كاثرين، إحدى أخوات روبرت (والتي كانت شقيقته المحببة إلى نفسه، على الرغم من أنها تكبره بثلاث عشرة سنة)، زوجها أبوها لشاب ورث الآن لقب فيسكونت رانلا، وكان الزواج كارثة شخصية لها ولم يعد الاثنان يجمعهما بيت واحد، ومع هذا فإن أخت الفيسكونت (التي ظلت على علاقة ودية مع كاثرين) تزوجت

شخصية بارزة مؤيدة للبرلمانيين فضلا عن أن كاترين نفسها متعاطفة مع البرلمانيين، إذ اعتادت استضافة برلمانيين في بيتها في لندن. وكان هذا البيت الملاذ الأول الذي لجأ إليه روبرت عند عودته إلى إنجلترا (حيث التقى كثيرين، من بينهم جون ميلتون)، ويرجع الفضل إلى كاترين إلى حد كبير إذ بفضل علاقاتها استطاع الاحتفاظ بالعزبة في ستالبريدج، التي تركها له أبوه إثر هزيمة قوات الملك في الحرب الأهلية.

وفي العام 1645، تقاعد بويل في بيته الريفي، وطأطأ رأسه فيما يتعلق بالسياسة، وهو لا يملك (وفق معايير الأسرة) سوى دخل ضئيل من عقاراته على الرغم من الحرب، وتهيأ له جو مناسب للاطلاع الواسع (من ذلك دراسة شاملة وكاملة عن الكتاب المقدس)، وكذا الكتابة (في موضوعات متباينة منها الفلسفة، ومعنى الحياة والدين)، وأجري تجارب خاصة به، والتي تركزت أساسا على تجارب في الخيمياء. وتهيئ لنا الكثير من رسائل كاثرين نافذة نطل منها على حياته في دورسيت، ونراه في رسالة لصديق آخر يذكر أنه رأى مدفعا هوائيا يمكنه استخدام قوة الهواء المضغوط لإطلاق كرة من الرصاص قادرة على قتل إنسان على بعد ثلاثين خطوة - وهي ملاحظة جعلته يفكر، كما هو واضح، في المسارات التي قادته إلى اكتشافه لقانون بويل. وتميزت شخصية كاترين بأنها امرأة مستقلة ذكية، وجعلت بيتها في لندن ملتقى لكثيرين من مفكري العصر، بمن فيهم أعضاء جماعة من الرجال المهتمين بالعلم، وشرعوا يطلقون على أنفسهم اسم «الكلية غير المرئية» Invisible College وتمثل هذه الجماعة السلف السابق للجمعية الملكية، وطبيعي أن روبرت بدأ من خلال كاترين يتعرف على هؤلاء الرجال في أثناء زياراته لندن. واعتادت الجماعة في سنواتها الأولى (نحو منتصف أربعينيات القرن السابع عشر) الالتقاء في كلية غريشام المرئية تماما في لندن. وأسس هذه الكلية في العام 1596 سير توماس غريشام، المستشار المالي للملكة إليزابيث، باعتبارها أول مقر للتعليم المتقدم في إنجلترا خارج أكسفورد وكامبريدغ. حقا إنها لم تكن أبدا عند مستوى المنافسة للمؤسستين الأخريين ولكنها خطوة مهمة على طريق انتشار التعليم في إنجلترا . بيد أن بؤرة أنشطة

الكلية غير المرئية انتقلت إلى أكسفورد وذلك عندما شغل عديدون من أبرز أعضائها مناصب هناك وذلك العام 1648 بينما الحرب الأهلية توشك أن تضع أوزارها.

وفي العام 1652، بدا أن الوضع السياسي استقر. وهنا زار بويل إيرلندا وفي صحبته الطبيب وليام بيتي للبحث عن مصالحه ووضع ممتلكات العائلة هناك. وتحسنت الفرص السياسية للأسرة هناك نظرا إلى أن أحد إخوة روبرت، وهو الآن لورد بروغيل، أدى دورا كبيرا ومهما في إخماد الثورة الإيرلندية، مما يعني أنه لا بد أن يجني عائد ذلك من أي سلطة تحكم إنجلترا وقتذاك - والمعروف أن آخر شيء كان يتطلع إليه كرومويل هو أن تحدث مشكلة في إيرلندا. ولكن نظرا إلى الاضطرابات التي سادت على مدى أربعينيات القرن السابع عشر، فقد انعدمت أي فرصة لضمان اطراد تدفق عائد الممتلكات هناك. واستثمر بويل جيدا العامين اللذين قضاهما في إيرلندا، إذ استفاد فكريا من ارتباطه الوثيق مع بيتي (الذي علمه التشريح، والفسيولوجيا، وكيفية فحص الأعضاء في أثناء التشريح علاوة على أنه ناقش المنهج العلمي مع بويل)، واستفاد كذلك ماليا، حيث إنه عند عودته إلى لندن ضمن لنفسه نصيبا من ممتلكات أبيه يصل إلى 3 آلاف جنيه إسترليني في السنة على مدى الحياة، وهو ما يكفيه لعمل كل ما يروق له (*). وأسعده الانتقال، في العام 1654، بينما هو في السابعة والعشرين، إلى أكسفورد التي تعتبر وقتذاك مركز النشاط العلمي في إنجلترا (وربما في العالم كله)، وتهيأ له هناك وعلى مدى الأربع عشرة سنة التالية إنجاز دراساته العلمية التي حققت له شهرة واسعة. وآلت عزبة ستولبريدج إلى أسرة أخيه فرنسيس.

ولم يكن بويل في حاجة تلزمه بأن يجري كل التجارب بنفسه، إذ لديه دخل كبير يمكنه من أن يوظف مساعدين له (من بينهم روبرت هوك الذي سنتحدث عنه كثيرا بعد قليل) ويدير ما أصبح معهد بحوث خاصا، والذي يمكن أن

(*) ثمة مفارقة هنا، نظرا لأن بويل أصبح واحدا من كبار الملاك غير المقيمين، وهو أحد الرموز الممثلة للقهر الإنجليزي لإيرلندا. بيد أنه كان وحسب المعايير وقتذاك، ليبراليا، وسبق أن كتب إلى صديق يشكو له من تكلفة نفقات جنازة عضو من الأرستقراطية الاجتماعية، ويرى أن كان من الأفضل إنفاق هذا المال على الفقراء.

يغبطه عليه كثيرون من علمائنا اليوم. ويعني توافر المال مع بويل أن في وسعه، على عكس كثير من معاصريه، أن ينشـــر كتبه على نفقته الخاصة، ما يضمن له صدورها على الفور في طبعات صحيحة وجيدة. ونظرا إلى سداده تكاليف الطباعة في موعدها، فقد أحبه أصحاب المطابع وأولوا كتبه اهتماما زائدا.

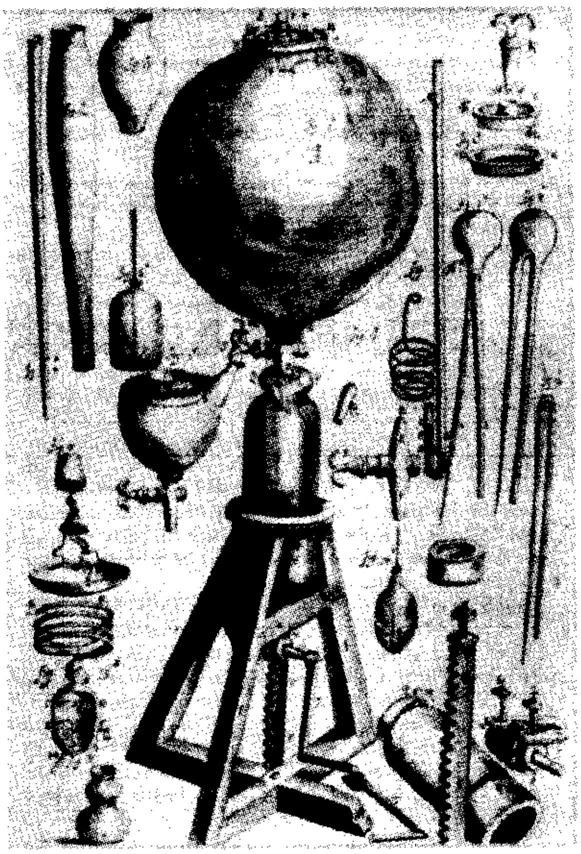
ويعتبر بويل، بفضل مؤسســـته العلميـــة، أحد الرواد في تطبيق المنهج العلمي الذين ســـاروا على نهج رجال عمليين مـــن أمثال غاليليو وغيلبرت الذين أجروا بأنفســـهم تجاربهم، علاوة على اســـتلهام أعمال فرانســـيس بيكون (1561-1626) الفلسفية، والمعروف أنه لم يجر كثيرا من التجارب بنفســـه (*)، ولكن كتاباته عن المنهج العلمي أثـــرت تأثيرا كبيرا في أجيال العلماء البريطانيين ممن جاءوا من بعده. وأكد بيكون الحاجة إلى أن نبدأ أي بحـــث بتجميع أكبر قـــدر ممكن من المعلومـــات والبيانات، وأن نمضي بإجـــراءات البحث محاولين تفســـير الملاحظات - وليس الاســـتغراق في الأحـــلام مع فكرة رائعة ثم بعد ذلك نبحث عن الوقائع التي تدعمها. وإذا كان لنـــا أن نوجـــز مذهب بيكون في جملة واحـــدة، فإننا نقول إن العلم لا بد أن ينبني على أســـس قوامها الوقائع - وهذا درس استوعبه جيدا بويل وحفظه عن ظهر قلب. وكتب بويل عن دراســـات غاليليو بشـــأن الأجسام الســـاقطة، واكتشافه أن الأجسام ذات الأوزان المختلفة تسقط إلى الأرض بســـرعات واحدة. وقدم بويل هذا فيما بعد باعتباره مثالا يوضح كيف أننا كعلماء «نقبل التجربة حتى وإن بدت لنا المعلومات مناقضة للعقل»(**).

ومضت ســـت ســـنوات قبل أن ينشر بويل أي شيء عن العلم، بيد أنه حين نشـــر بدا واضحا أن الأمر يســـتحق هذا الانتظار. وتناول أول إسهاماته في العلم موضوع قابلية الهواء للانضغاط، واشـــتمل على أشهر تجاربه في حياته المجيدة. وأخذ هو (أو مســـاعدوه) في هذه التجربة أنبوبا زجاجيا على شكل حرف J ، مفتوحا من أعلى بينما الطرف النهائي القصير مغلق. وصب زئبقا في الأنبوب ليملأ الحرف المثني على هيئة U عند القاعدة وأحكم غلق الهواء

(*) أشهر تجاربه، اندافعه إلى الخارج في يوم شديد البرودة تجمدت فيه المياه وهو في الخامسة والستين من العمر، لكي يحشو دجاجة بالثلج ليرى ما إذا كان هذا سيحفظها، وأدت التجربة إلى قتله، إثر إصابته بالتهاب رئوي.

(**) الاقتباس من هنتر من كتاب بويل «المسيحي الموهوب».

عند الطرف القصير للأنبوب. وعندما وصل الزئبق عند مستوى واحد على جانبي الأنبوب أصبح الهواء داخل الطرف المغلق عند مستوى الضغط الجوي. ولكن صب مزيد من الزئبق في الطرف المستطيل للأنبوب يمكن أن يؤدي إلى زيادة الضغط، ويجبر الهواء داخل الطرف القصير على الانكماش. ووجد بويل أن الضغط إذا تضاعف، فإن حجم الهواء المحصور يصل إلى النصف. وإذا وصل الضغط إلى ثلاثة أمثال، ينخفض الحجم إلى الثلث، وهكذا. واكتشف أيضا اكتشافا على القدر نفسه من الأهمية، وهو قابلية العملية للانعكاس. إذ إن الهواء المضغوط قابل للارتداد إذا حانت الفرصة. ويمكن تفسير كل هذا على نحو جيد في النموذج الذري للعالم ولكن بصعوبة كبيرة مع استخدام الدوامات الديكارتية.

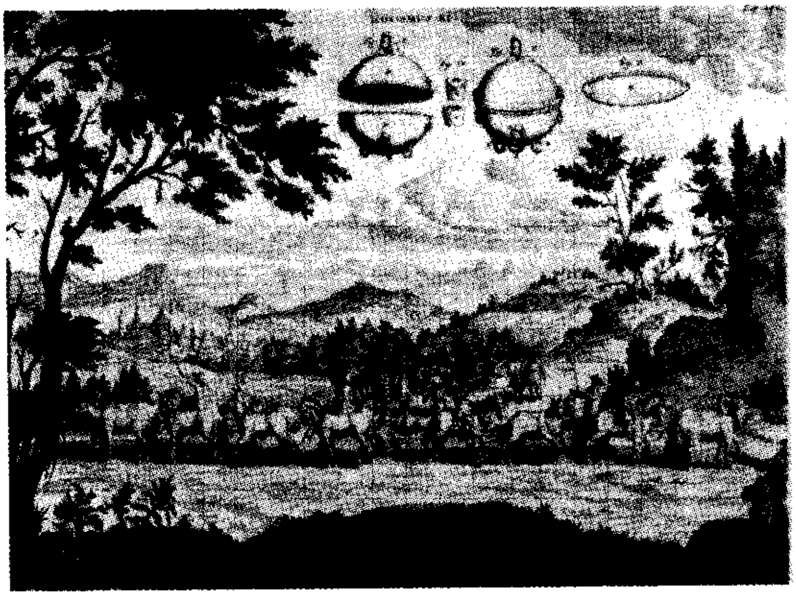


11 - بعض أجهزة معمل بويل، ومن بينها مضخة هواء

ونشر جانبا كبيرا من هذه الأعمال (علاوة على كثير من التجارب التي تعالج أشياء مثل مضخات الهواء ومشكلة رفع المياه عن طريق الامتصاص) العام 1660 في كتابه New Experiments Phisico- Mechanical touching the Spring of the Air and its Effects. «تجارب جديدة طبيعية - ميكانيكية تتناول الارتدادية المرنة للهواء والآثار المترتبة على ذلك»، ويشار إليه إيجازا

بـ «الارتدادية المرنة للهواء»، ولكن الطبعة الأولى لم تثبت ما نعرفه اليوم باسم قانون بويل والذي يقول: «بتناسب حجم الغاز عكسيا مع حجم الضغط الواقع عليه (وهما يتساويان في غير هذه الحالة) والذي أوضحه في الطبعة الثانية الصادرة في العام 1662. وأنجز بويل دراساته عن الفراغ (أو لنقل بدقة الهواء المنخفض الضغط بشدة) مستخدما مضخة هواء محسنة، تأسيسا على أفكار أوتو فون غويريك، والتي صممها وصنعها مع هوك، إذ كانت المضخة التي صنعها غويريك بحاجة إلى رجلين قويين لتشغيلها. وكرر بويل كل تجارب فون غويريك، واستطرد ليوضح أن الماء يغلي عند درجة حرارة أقل مع خفض درجة الهواء. (وهذا إنجاز ليس بالهين لأنه يتضمن وضع بارومتر زئبقي داخل الوعاء الزجاجي المحكم الغلق، بحيث يمكن رصد انخفاض الضغط كلما حدث ضخ أو تفريغ هواء إلى الخارج). وأوشك بويل أن يكتشف الأكسجين، إذ بين أن الحياة، مثلها مثل شعلة اللهب، رهن وجود الهواء ليدعم بقاءها. وأوضح وجود أوجه تماثل جوهرية بين عمليات التنفس والاحتراق. ولم تكن بعض هذه التجارب تستهدف من يصعب إرضاءهم، ولكنها يقينا جعلت الناس تنظر مشدوهة، ويكتبون ملاحظاتهم. وجدير بالذكر أن أحد زملاء بويل في الكلية غير المرئية (لا نعرف من هو يقينا) نظم قصيدة بالشعر العامي عن بيان عملي للنشاط العلمي للجماعة، وتتضمن الأسطر التالية:

أخيرا وضح على يدي الدنماركي
حيث لا هواء فلا نفس
وضح السر داخل زجاجة
حيث وضع القط ليموت
بعد تفريغ الزجاجة من الهواء
مات القط ولم يعد يموء
الزجاجة نفسها تثبت
سرا آخر أكثر عمقا
لا شيء سوى الهواء يؤثر في الأذن
هو الوسيط لسماع الصوت
إذا فرغت الزجاجة من الهواء
فلن تسمع دقات الساعة



12 - تجربة أجريت في مجدبرغ في ألمانيا العام 1654
ست عشرة من الخيل لم تستطع فصل نصفي كرة مفرغة الهواء عن بعضهما مقابل ضغط الغلاف الجوي.
عن كتاب: فون غويريك «التجارب الجديدة»، 1672، Experiments Nova.

قد لا يكون شعرا جيدا، ولكنه يعطي إحساسا بمدى تأثر وإعجاب العالم العلمي باكتشافات بويل (*). ولكن نظرا لصدور الكتاب باللغة الإنجليزية مكتوبا بعبارات نثرية واضحة ومفهومة للجميع، فإن هذا حدث مهم بقدر أهمية محتواه. لقد كان بويل، مثله مثل غاليليو، ييسر العلم للجماهير (أو للطبقة الوسطى على أقل تقدير. وها هو صمويل بيبيس في يومياته يكتب بحرارة عن متعة الغوص في واحد من كتب بويل الجديدة)، بيد أنه على عكس غاليليو لم يكن يخشى من أن ما يقدمه سوف يثير ثائرة محاكم التفتيش ضده.

نهج بويل العلمي في النظر إلى الخيمياء

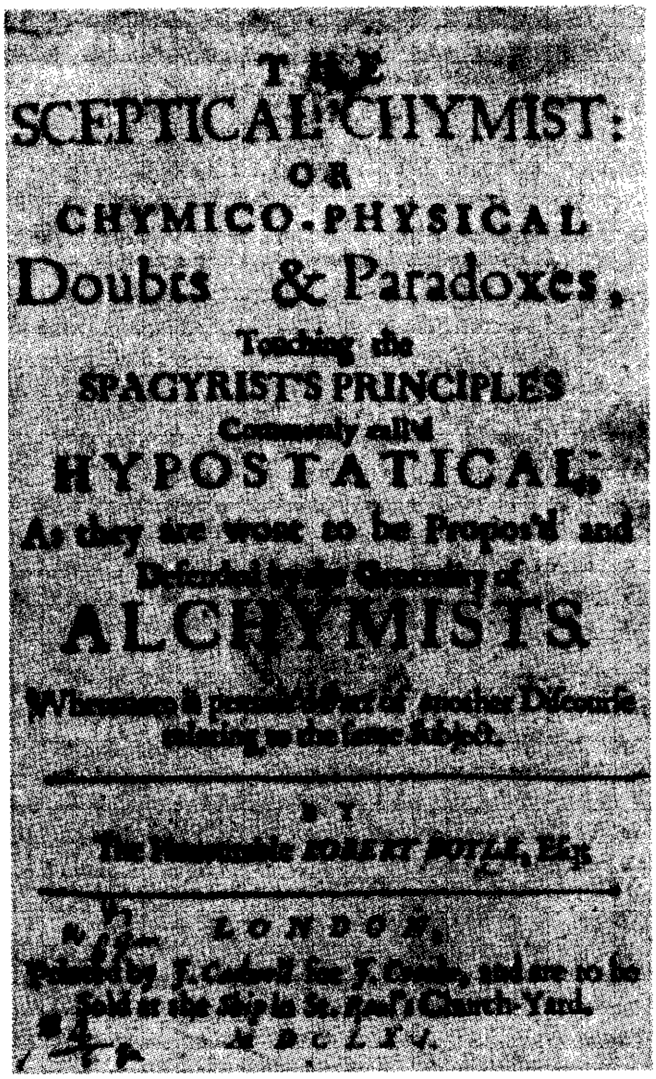
في العام 1661، بين الطبعتين الأوليين لكتاب «الارتدادية المرنة للهواء»، نشر بويل كتابه الأشهر «الكيميائي الشكاك» The Sceptical Chymist ولا يزال مدى تورط بويل في الخيمياء بعد أن ترك دورسيت

(*) إذا بدا لنا مصير القط قاسيا، فإن علينا أن نتذكر أنه في هذا العصر كانت السلطات تدفع بالبشر إلى المحرقة. بيد أنني أرى أن هذا الشعر رأى موت القط حدثا أعمق تأثيرا من كتم صوت دقات الساعة.

مسألة فيها جدل، وعرض لورنس برينسيب في جامعة جون هوبكنز قضية مقنعة تفيد بأن بويل لم يكن جادا للغاية في محاولة نبذ الخيمياء لصالح ما نسميه الآن الكيمياء، وإنما كان يحاول دمج منهج بيكون في الخيمياء - أي لكي يجعل الخيمياء علما، إذا جاز التعبير. وهذا يتلاءم يقينا مع موقعه في التاريخ كرجل علم في القرن السابع عشر (حتى إسحاق نيوتن نفسه، كما سوف نرى، كان متورطا بشكل جاد في النشاط الخيميائي في نهاية القرن السابع عشر)، ونخطئ إذا زعمنا أن كتاب بويل حوّل الخيمياء إلى الكيمياء بين يوم وليلة. حقا إن لكتابه هذا أثره الأولي الأقل شأنا من كتاب «الارتدادية المرنة للهواء»، ولكن مع تطور علم الكيمياء في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر، بدأ الناس يعيدون النظر في كتاب بويل، باعتباره يمثل نقطة تحول. وواقع الأمر أن تطبيق المنهج العلمي على الخيمياء أدى في النهاية إلى تحويل الخيمياء إلى الكيمياء ومحو أي أساس عقلاني للاعتقاد في أمور مثل حجر الفلاسفة، التي تفترض إمكانية تحويل المعادن الخسيسة إلى ذهب. وطبيعي أن بويل يمثل الضوء الهادي والرائد لتأسيس المنهج العلمي في إنجلترا.

ولنضرب مثالا يوضح نهج بويل في تناول الخيمياء وفق أسلوب علمي، فقد بحث الفكرة القائلة إن بالإمكان تحضير الذهب عن طريق إزالة الشوائب العالقة بالمعادن الأخرى، وحيث إن الذهب أكثر كثافة من المعادن الأخرى إذن السؤال، حسبما أكد، هو كيف يمكن لنا أن نصنعه بانتزاع شيء منه؟ ونلحظ هنا أنه لم يقل إن التحويل عملية مستحيلة، بل تناول المشكلة علميا. ومع ذلك قال إن من المستحيل قبول الفكرة القديمة عن أن العالم مؤلف من أربعة عناصر «أرسطية» - الهواء والتراب والنار والماء - ممزوج بعضها ببعض بنسب مختلفة. ولكنه أجرى تجارب أثبتت خطأ الفكرة، وبدلا من ذلك دعم شكلا من أشكال الفرض الذري يفيد بأن المادة في كل صورها مؤلفة بشكل ما من جسيمات دقيقة تتلاحم بعضها مع بعض بوسائل مختلفة - وهذه صورة قديمة لفكرة العناصر (بالمعنى الحديث للمصطلح). وقال بويل: «أعني

الآن بكلمة العناصر أجساما معينة بسيطة وبدائية، ليست مصنوعة من أي أجسـام أخرى، أو بعضها من البعـض، وإنما هي المقومات الأولية التي تتألف منها جميع الأجسام الأخرى في صورة مزيج كامل وعلى نحو فوري، والتي يمكن تحليلها إليها في النهاية». وهذه هي الفكرة الأساس التي طورها في كتابه «أصل الأشـياء والطبائع» Origin of Forms and Qualities.، والمنشـور سـنة 1666، حيث رأى أن هذه الذرات يمكنها أن تتحرك بحرية في سوائل ولكنها ساكنة في الأجسام الصلبة، وأن أشكالها مهمة في تحديد خواص الأجسام المادية التي تألفت منها. وهكـذا تبين أن الدور الأسـاسـي للكيمياء هو اكتشـاف المقومات التي تتألف منها الأشـياء، كما صاغ مصطلح «التحليل الكيميائي» ليصف به هذه العملية.


THE
SCEPTICAL CHYMIST:
OR
CHYMICO-PHYSICAL
Doubts & Paradoxes,
Touching the
SPAGYRIST'S PRINCIPLES
Commonly call'd
HYPOSTATICAL;
As they are wont to be Propos'd and
[illegible]
ALCHYMISTS.
[illegible]
BY
[illegible]
LONDON,
[illegible]
[illegible]
M DC LXI.

13 – صفحة عنوان كتاب بويل «الكيميائي الشكاك»، 1661

وجدير بالإشـــارة أن كل ما ذكرناه إنما يمثل جزءا صغيرا من جهود بويــل، وإن كان هــو الجزء الأوفــق صلة بقصة تطــور العلم في القرن الســابع عشر. ولنحاول التقاط بضعة أمثلة أخرى ولو بشكل عشوائي. إذ إنه اخترع الثقاب، ومضى إلى أبعد مما ذهب بيكون حين اســتخدم الصقيــع لحفظ اللحوم دون أن يصاب هو بنزلـــة برد، وأثبت بالتجربة أن المـــاء يتمدد عندما يتجمـــد. وكان أيضا شـــخصية أدبية كبرى في عصـــر عـــودة الملكية، إذ كتب فـــي موضوعات كثيرة مـــن بينها روايات خيالية. ولكن على الرغم من أن بويل أصبح أهم عالم موضع إجلال في عصـــره، فإنه احتفظ بطبيعته الخجولـــة المتواضعة، واعتذر عن الكثير مـــن أعمال التكريم. وجدير بالذكر أنه تم عرض منحه لقب نبيل، مثله مثـــل إخوته الثلاثـــة الباقين على قيد الحياة، وذلك بعد عودة تشـــارلز الثانـــي إلى العرش (ولعل القارئ يتذكر أن زوجة فرنســـيس بويل كانت واحـــدة من بين عشـــيقاته) (*)، ولكنه على عكســـهم اعتذر عن اللقب. كذلك بالنســـبة إلى موضوع تقديره وتكريمه كرجل لاهوت، فإن قصتها أن رئيـــس مجلس اللوردات لإنجلترا ســـأله أن تتم إجـــراءات تنصيبه كاهنا، مع وعده بترقية سريعة إلى منصب أسقف، ولكنه قال لا وشكرا. وعرضت عليه الســـلطات المسؤولة منصب رئاسة كنيسة إيتون، بيد أنه عزف عنها. وجدير بالإشـــارة أنه عند انتخابه رئيســـا للجمعية الملكية العام 1680، أعرب عن أســـفه لأنه لا يستطيع تولي المنصب بسبب أن معتقداته الدينية تحول بينه وبين أداء القســـم اللازم. وظل طوال حياته المبجل روبرت بويل المحتـــرم. وعمد إلى إنفاق دخله الضخم في صورة عطايا لأعمال الخير على نطاق واســـع (بل إنه خصص القسط الأكبر من أملاكه لأعمال الخير بعد وفاته).

وعندما تســـلمت الجمعية الملكية التصريح الخاص بإنشـــائها العام 1662، لـــم يكـــن بويل مجرد واحـــد من أعضائها (أو زميـــلا كما كانوا يســـمون)، بل واحدا من أول أعضاء مجلس إدارة الجمعية. وسبب ذلك

(*) بـــل إن أيرل كـــورك الثاني حصل على لقب إنجليزي، هو إيـــرل بورلنغتون، لكي يضاف إلى مجموعـــة ألقابه. وأصبـــح مقر إقامته في لندن آنذاك، وهو بورلنغتـــون هاوس، مقر الأكاديمية الملكية الآن، علاوة على العديد من الجمعيات العلمية.

من ناحيـــة أن مركز النشـــاط العلمي في إنجلترا أصبـــح وثيق الصلة بالجمعية الملكية في لندن خلال ســـتينيات القرن السابع عشر، وكذلك لأن بويل، من ناحية أخرى، أراد أن يكون مع أخته، فانتقل إلى العاصمة في العام 1668 وأقام مع كاترين. حضر بويل إلى العاصمة ووراءه سجل أيامه العظيمة في البحث العلمي (وإن اعتمد على التجريب)، ولكنه ظل في مركز المشهد العلمي، مثلما ظل بيت كاترين ملتقى المفكرين. ويصفه جون أوبري أحد معاصريه بقوله:

> طويـــل بائـــن الطول (حوالي ســـتة أقدام) مشـــدود القامة، شـــديد الاعتـــدال، فاضل الأخـــلاق، مقتصد: أعزب يملك مركبة، يقيم مع أخته ليدي رانلا. الكيمياء أعظم مباهجه. يحتفظ عند أخته بمعمل فخيم، وعديد من الخدم (مســـاعدين له) للاهتمام به. محســـن على العباقرة المعوزين.

ولكن صحة بويل لم تكن جيدة أبدا. ويحدثنا عنه كاتب اليوميات جون إيفيلين، وهو صديق قديم، فيصف مظهره في سنواته الأخيرة فيقول:

> بـــدت لي بنية جســـده، في أحســـن أحواله الصحية، رقيقـــة غاية الرقة، حتى إنني اعتدت أن أشـــبهه بزجاج الكريســـتال أو زجاج فينيسيا الذي نراه مصنوعا ببراعة بحيث يكـــون رقيقا دقيقا ومبنيا بحرص شـــديد، ولكنه أقدر على البقاء ليعمر أكثر من المواد المعدنية المســـتعملة يوميا. وكان علاوة على هذا واضحا غير متكلف، وشهرته لا تشوبها شائبة.

وعاش زجاج فينيســـيا بقدر عمر صاحبه. إذ توفيت كاترين قبل عيد الميلاد العام 1691، ولحق بها بويل بعد أســـبوع يوم الثلاثين من ديســـمبر قبل عيد ميلاده الخامس والســـتين بشـــهر واحد. وعقب مراسم الجنازة كتب إفيلين في يومياته يوم الســـادس من يناير 1691 يقول: «يقينا ليست إنجلترا وحدها، بل كل العالم المثقف يعانون من خسارة عامة بفقدهم هذا الرجل العظيم والخير، وأيضا صديقي الأحق بكل تقدير».

إن تجارب بويل التي أوضحت أن كلا من النار والحياة رهن شـيء ما فـي الهواء تربط أعمالـه برباط وثيق بخيط رئيسـي آخر للتطور العلمي الذي شـهده النصف الثاني من القرن السابع عشر، وهو البحث البيولوجي للبشر والكائنات الحية الأخرى عشية جهود هارفي وديكارت. واتسـاقا مع طبيعة البحث العلمي، فإن التطورات الجديدة تلازمت مع تطورات جديدة في التكنولوجيا. ومثلما أن التلسـكوب أحدث ثورة في أسـلوب تفكير الناس عن الكون، كذلك الميكروسـكوب أحدث ثورة في أسلوب تفكير الناس عن أنفسهم. وكان أول رائد عظيم في فن المجهرية (الميكروسـكوبية) هو الطبيب الإيطالي مارتشـيلو مالبيغي، المولود في كريفالكور قرب بولونيا، وربما كان ميلاده في العاشـر من مارس العام 1628 (يوم تعميده).

مارتشيلو مالبيغي والدورة الدموية

درس مالبيغي الفلسـفة والطب بجامعة بولونيا، وتخرج العام 1653، وعمـل محاضرا للمنطق فـي بولونيا قبـل أن ينتقل إلى جامعة بيزا سـنة 1656 أسـتاذا للطب النظري. ولكن مناخ بيزا لـم يلائمه، وعاد في 1659 إلى بولونيا ليدرس الطب. وفي العام 1662، انتقـل ثانية إلى جامعة ميسـينا ولكنه فـي العام 1666 أصبح أسـتاذا للطب في بولونيا، وبقـي هناك على مدى الخمس والعشرين سنة التالية. وفي العام 1691، انتقل مالبيغي إلى روما حيـث اعتزل التدريـس، ولكنه عمل طبيبا خاصا للبابا أنوسـنت الثاني عشر (يبدو أنه تردد أول الأمر ثم قبل تحت إصرار البابا)؛ وتوفي هناك في 30 نوفمبر 1694.

ونشـرت الجمعية الملكية في لندن ابتداء من العام 1667 فصاعدا كميـة كبيرة مـن أعمال مالبيغي، وهذا في حد ذاته علامة تشـير إلى أي مـدى أصبحت الجمعيـة الملكية مهمة (ومالبيغي هـو أول إيطالي تنتخبه الجمعية زميلا بها العام 1669). ويكاد هذا العمل يقتصر على الميكروسكوبية وبنية الحشرات وتطور أجنة الكتكوت وبنية مسام أوراق

النبات. ولكن أعظم إسهامات مالبيغي في العلم تحققت نتيجة دراسة أنجزها في بولونيا في العام 1660-1661، وكتب تقريرا عنها في رسالتين منشورتين العام 1661.

وقبل هذا الوقت، وعقب اكتشاف الدورة الدموية، كان الظن السائد أن الدم المتدفق من القلب إلى الرئتين ينبثق من ثقوب دقيقة في الأوعية الدموية، ليدخل فراغات مملوءة بالهواء داخل الرئتين ممزوجا على نحو ما بالهواء (لأسباب ظلت غير واضحة) ثم يعود على نحو ما ثانية عبر ثقوب دقيقة ليدخل أوعية دموية أخرى ليعود إلى القلب. واكتشف مالبيغي من خلال دراساته الميكروسكوبية عن الرئتين في الضفادع أن السطح الباطني للرئتين مغطى فعلا بشعيرات دقيقة لصيقة بسطح الجلد، ومن خلالها ترتبط الشرايين من إحدى الناحيتين ارتباطا مباشرا بالأوردة على الجانب الآخر. واكتشف الحلقة المفقودة في وصف هارفي للدورة الدموية. وهذه هي الحلقة التي قال عنها هارفي تخمينا إنها لا بد أن تكون موجودة، بيد أنه لم يستطع اكتشافها بالأدوات المتاحة لديه. وقال مالبيغي: «أكاد أرى بكل وضوح أن الدم مقسم ويتدفق عبر أوعية دموية متعرجة، وأنها لا تصب في فراغات بل مدفوعة دائما عبر أوعية أنبوبية الشكل، وموزعة من خلال انحناءات الأوعية». وبعد بضع سنوات، توصل وبشكل مستقل إلى الاكتشاف نفسه عالم الميكروسكوبات الهولندي أنطوني فان لييوفنهوك (الذي سنتحدث عنه بإسهاب في الفصل الخامس)، ولكنه لم يعرف شيئا عن أعمال مالبيغي.

وعقب اكتشاف مالبيغي بفترة وجيزة، أثبت ريتشارد لووير (1631-1691) تأسيسا على سلسلة من التجارب أن اللون الأحمر للدم المتدفق من الرئتين والقلب في مختلف أنحاء الجسم ناتج عن شيء ما في الهواء. وريتشارد لووير عضو بجماعة أكسفورد التي أصبحت فيما بعد النواة للجمعية الملكية. وجدير بالإشارة أن تجاربه تضمنت تجربة بسيطة تنبني على هز وعاء زجاجي يحتوي على دم من العروق، ليرقب الدم الأرجواني الداكن يغير لونه إلى دم أحمر قان عند امتزاجه بالهواء. ويقول لووير:

سبب هذا الدم الأحمر هو فقط دخول جسيمات من الهواء إلى الدم، وهذا واضح تماما من واقع أن الدم إذ يصبح أحمر تماما داخل الرئتين (لأن الهواء ينتشر فيه تماما عن طريق كل الجسيمات ثم يمتزج بالكامل مع الدم)، وحين يتجمع دم العروق داخل وعاء دموي فإن سطحه يصطبغ باللون الأرجواني نتيجة تعرضه للهواء (*).

وجدير بالذكر أن بويل وهوك كانا من بين آخرين أجروا تجارب مماثلة. وبدأت جماعة أكسفورد تأسيسا على أبحاث من هذا النوع تنظر إلى الدم باعتباره أشبه بسائل ميكانيكي يحمل جسيمات حيوية من الطعام ومن الهواء إلى كل أنحاء الجسم. ويبدو هذا متسقا تماما مع الصورة الديكارتية عن الجسم باعتباره آلة.

جيوفاني بوريللي وإدوارد تايسون:
تزايد النظرة إلى الحيوان (والإنسان) كآلة

تطورت في القرن السابع عشر، فكرة أن الجسم آلة واستحدثها الإيطالي جيوفاني بوريللي وهو معاصر وصديق لمالبيغي وأكبر منه سنا. ويبدو أن مالبيغي هو الذي أثار اهتمام بوريللي بالكائنات الحية، بينما أثار بوريللي، فيما يبدو، اهتمام مالبيغي ببحث طريقة عمل المنظومات الحية، وشجع جهوده على التشريح والدراسة التحليلية لأعضاء الجسم. وأنجز الاثنان ما هو أكثر مما لو أنهما لم يلتقيا.

ولد بوريللي في 28 يناير في بلدة كاستيلنوفو قرب نابلس، ودرس الرياضيات في روما، ثم عمل أستاذا للرياضيات في مسينا لفترة من الوقت قبل العام 1640، وإن كنا لا نعرف التاريخ تحديدا. والتقى غاليليو في مسكنه خارج فلورنسا في مطلع أربعينيات القرن السابع عشر، ثم أصبح أستاذا للرياضيات بجامعة بيزا (منصب غاليليو القديم) في العام 1656، حيث التقى مالبيغي. وجدير بالذكر هنا أن نشير إلى الاثنين من الأعضاء المؤسسين لأكاديمية ديل سيمنتو التي لم تعمر طويلا، والتي

(*) لووير، الاقتباس من كونراد وآخرين.

تأسست في فلورنسا في العام التالي، ودرس بوريللي التشريح في هذه الفترة تقريبا. وعاد بوريللي إلى مسينا العام 1668، ولكنه تورط (أو اشتبه في أنه متورط) في مؤامرة سياسية، مما أدى إلى نفيه في روما، حيث أصبح طرفا ضمن حلقة مرتبطة بالملكة السابقة كرستينا، ملكة السويد (وهي الملكة التي جعلت ديكارت يغادر فراش النوم في ساعة غريبة باكرة). والمعروف أن كرستينا أرغمت على التنازل عن العرش في العام 1654، بعد أن تحولت إلى الكاثوليكية، وكانت تعيش أيضا في المنفي في روما. توفي بوريللي في روما يوم 31 ديسمبر 1679 .

وكان بوريللي عالم رياضيات مبرزا، فهو أول من قال إن مسار المذنب حال مروره بالشمس يكون على شكل قطع مكافئ. وهو أيضا الذي حاول تفسير حركة أقمار المشتري حين افترض أن المشتري يؤثر في الأقمار التابعة له على نحو ما تؤثر الشمس في الكواكب. ولكن أهم إنجازاته العلمية تمثلت في المجال البيولوجي الخاص بالتشريح. وأنجز القسط الأكبر من هذا العمل بينما كان يعمل في بيزا، وإن ظل في صورة مسودة عند وفاة بوريللي. ويتمثل حصاد هذا العمل في كتاب De Motu Animalium «عن حركة الحيوان»، والمنشور بعد وفاته في مجلدين في عامي 1680 و1681. عالج بوريللي الجسم باعتباره منظومة روافع تؤثر فيها قوي نابعة من العضلات، وقدم تحليلا هندسيا لكيفية عمل عضلات جسم الإنسان في حالتي المشي والعدو. ووصف تحليق الطير وحركة السمك أثناء السباحة وفقا لأسس رياضية. ولكن النقطة الحاسمة أنه لم يلتمس مكانا خاصا بالبشر يميزه به عن الحيوانات الأخرى، إذ شبه الجسم البشري بآلة مؤلفة من سلسلة من الروافع. ولكن كان بوريللي لايزال يرى أن ثمة دورا للرب في إنشاء المنظومة بادئ ذي بدء - واضع تصميم الآلة إذا شئنا ذلك. بيد أن هذا يختلف تماما عن الفكرة السائدة بين العامة عن القوة المسؤولة عن حركة ونشاط وأداء الجسم البشري من لحظة إلى أخرى.

ولكن العلاقة بين الإنسان والحيوانات حققها ووضعها في لندن إدوارد تايسون في ضوء عملية تشريح وتحليل وظيفي رائعة (وإن جاء ذلك على سبيل الصدفة) عقب نهاية القرن السابع عشر مباشرة. ولد

تايســـون في بلدة كليفدون في سومرســـت العـــام 1650 (غير معروف التاريخ تحديدا)، وتلقى تعليمه في كل من جامعة أكسفورد (حيث حصل على درجة البكالوريوس العام 1670، ثم درجة الماجستير العام 1673) وجامعـــة كامبريدج، حيـــث حصل على درجة الطب فـــي العام 1677، وانتقـــل بعد ذلك إلى لندن حيـــث مارس عمله كطبيـــب. ولكنه أجرى ملاحظات تشريحية ودراسة تحليلية لأعضاء الجسم ونشر جزءا كبيرا من دراسته في كتاب الجمعية الملكية الذي يحمل عنوان: Philosophical Transactions «محاضر الجلسات الفلسفية»، وذلك بعد انتخابه زميلا بالجمعية في العام 1679، ونظرا لأن تايسون كان من الأطباء الرواد في زمانه (وأصبح زميـــلا في الكلية الملكية للأطباء)، فقد تم تعيينه طبيبا ومديرا مســـؤولا عن مستشـــفى بيت لحـــم Bethlehem Hospital في لندن. وهذه مؤسسة للأمراض العقلية التي صاغت لنا كلمة Bedlam، أي مستشـــفى المجاذيب، من المنطوق الســـائد عن العامة. ويعطينا هذا الاســـم الفكرة الدقيقة عن نوع المكان وحالته وقت تولي تايســـون عمله هنـــاك. وجدير بالذكر أن هـــذا هو أول ملجأ للمجانـــين في بريطانيا (والثاني في أوروبا، بعد الأول الذي تأســـس في غرناطة في إسبانيا)، وليس بالإمكان الزعم أنه مقر للاستراحة. إذ كان المريض العقلي يعاني من الإســـاءة وانتهاك آدميته في كل شـــيء ويجـــري التعامل معه كنوع من التســـلية، إذ كان مستشـــفى المجاذيب هدفا يقصده أدعياء الموضة للفرجة وإشـــباع فضولهم، وكأنهم في حديقة للحيوانات. ولكن تايسون هو أول من شـــرع في تغيير هذا كلـــه، ووظف ممرضات رعاية المرضى بـــدلا من الرجـــال الذين كانوا في الحقيقة بمثابة ســـجانين، وخصص ميزانيـــة مالية لتوفير الملابس للفقراء من النـــزلاء، وأجرى العديد من الإصلاحـــات الأخرى. ويمكن القول إنســـانيا إن هـــذا أعظم إنجازات تايسون. وتوفي في لندن في الأول من أغسطس 1708.

يمكن القول بلغة العلم إن تايســـون يعتبر الأب المؤســـس لعلم التشريح المقارن الذي يبحث في العلاقات الفيزيقية بين الأنواع المختلفة. أجرى في العام 1680 دراسة من أهم دراساته في التشريح، إذ حدث أن ضلت سمكة

من نوع خنزير البحر طريقها، وقادها حظها العثر في نهر التيمز إلى يدي تاجر سمك باعها لتايسون بسبعة شلنات وستة بنسات (وقد استرد تايسون المبلغ من الجمعية الملكية)، وقام تايسون بتشريح ما يسمى مجازا «سمكة» في غريشام كوليج بالاشتراك مع روبرت هوك الذي تولى عمل رسوم لكل الأعضاء حال تشريحها. وأدهشه كثيرا أن يكتشف أن الحيوان الذي بين يديه هو في الحقيقة حيوان ثديي وله بنية داخلية مماثلة تماما لبنية ذوات الأربع البرية. ويقول عن هذا في كتابه Anatomy of a Porpess «تشريح خنزير البحر»، والمنشور في فترة تالية من العام نفسه، ويعرض في الكتاب اكتشافه لعالم أذهله، يقول:

> بنية الأحشاء والأجزاء الداخلية تشبه كثيرا أحشاء وأعضاء ذوات الأربع، إذ تبدو لنا مثلها تماما. ويبدو أن الفارق الأهم في الشكل الخارجي هو افتقارها إلى الأقدام. ولكننا حتى هنا لحظنا عند انتزاع الجلد واللحم أن الزعانف تمثل بالدقة الأذرع، إذ نجد عظمة لوح الكتف وعظمة الزند وعظم الكعبرة وعظمة الرسغ وعظم السلاميات وخمس أصابع متمفصلة على نحو مثير للدهشة...

وألمح هذا - وربما تضمن أكثر من مجرد إلماح - إلى العلاقات الوثيقة جدا بين الحيوانات التي تفوق ما يمكن أن توحي به الصورة عن مظاهرها الخارجية. وأجرى تايسون المزيد والمزيد من أعمال التشريح والدراسة التحليلية للأعضاء التي اشتهرت عنه. ولكن أشهرها قاطبة دراسته عن شمبانزي صغير (وظنوه خطأ أورانغ - أوتانغ) (*) جلبه إلى لندن بحار اتخذه له حيوانا أليفا، وذلك العام 1698. أصيب الشمبانزي الصغير أثناء الرحلة القادمة من أفريقيا، وكان يتألم بوضوح. وسرعان ما وصل الخبر إلى عالم التشريح المشهور الذي انتهز الفرصة لدراسة سلوك ومظهر الشمبانزي، وهي لا تزال حية،

(*) Orang - Outang: هو قرد شبيه بالإنسان، يوجد في بورنيو وسومطرة، وغالبا ما يطلق عليه اسم «إنسان الغاب». [المحررة].

ثم تشـــريح ودراسة أعضائها حال موتها (كان معه هذه المرة وليام كوبر ليساعده برسم الأعضاء). وظهرت ثمار عملهما في كتاب يحمل عنوانا رائعـــا هـــو: Orang-Outang, Sive Homo Sylvestris أو «تشـــريح قزم بالمقارنة مع قرد وقرد شـــبيه بالإنسان وإنسان».. ويزدحم الكتاب بالصـــور، إذ به 165 صفحـــة كاملة، ويعرض برهانـــا لا يقبل الجدل يؤكد أن البشر والشمبانزي لهم بنية جسدية واحدة. وأورد تايسون في خاتمة الكتاب قائمة بأهم القســـمات المميزة لتشريح الشمبانزي مبينا أن 48 منها تشـــبه تماما مثيلاتها أكثر مما تشـــبه نظائرها لدى القرد العادي. ولعل ما أذهله بشكل خاص التشابه بين مخ الشمبانزي (بغض النظر عن الحجم) ومخ الإنسان.

ويتمثل عنصر الحظ في الدراســـة التحليلية التي أجراها تايسون في واقع أن العينة التي فحصها كانت لشمبانزي صغير، وجدير بالذكر أن البشـــر يشـــبهون أطفال الشـــمبانزي أكثر مما هي الحال بالنســـبة للشـــمبانزي الكبار. وثمة ســـبب معقول لهذا، وإن لـــم يكن واضحا أو مفهوما حتى عهد قريب - إذ إن إحدى ســـبل التباين في عملية التطور حسبما ترى أفكار قديمة إبطاء عملية النمو، أي تحدث عملية تشبه ما يعرف باسم الطفولة الممتدة (وتعني التوقف عن سن الشباب). ويتطور البشر على نحو أبطأ مما هي الحال في الشمبانزي وغيرها من القردة العليا، ولهذا يولد البشـــر وهم في حالة أقل نموا نســـبيا - وهذا أحد الأســـباب في أن أطفال البشـــر يولدون فاقدي الحيلة، بحاجة إلى من يأخذ بيدهم ويرعاهم. ولكن هذا يفســـر أيضا لماذا البشـــر أقدر على تعلم أشـــياء كثيرة جديدة ومتنوعة - بدلا من أن يصل الطفل البشـــري إلى العالم جاهزا مقدما ببرنامج مســـبق لدور بعينه (مثل التعلق بأفرع الأشجار). بيد أن هذا يمثل سبقا لقصتي هنا. وأعود لأقول إن ما كان مهما في العام 1699 بالنسبة لكتاب تايسون هو المكان الذي وضع فيه البشـــر باعتبارهم جزءا من المملكة الحيوانيـــة، وأن هذا المفهوم تحدد فـــي وضوح ومن ثـــم أدرج موضوعا جديدا في جـــدول أعمال الأجيال التاليـــة. وهذا هو الجدل الذي ســـيقودنا إلى فهم محـــدد دقيق لمدى

تلاؤم وضعنا نحن البشر داخل هذه المملكة. وطبيعي أن يمثل هذا الأمر القضية الرئيسية في الجزء الأخير من هذا الكتاب. والآن حان الوقت لبيان طبيعة وحقيقة أعمال الرجل الذي أنجز أكثر من أي إنسان آخر لتحديد جدول أعمال العلم لقرون قادمة، وأعني به إسحق نيوتن ومعاصريه الآخرين.

5

الثورة النيوتنية

«الحقيقة هي أن علم الطبيعة ظل زمنا طويلا مجرد عمل من أعمال المخ والمخيلة فقط، لكن حان الوقت للعودة إلى بساطة ووضوح وصدق المشاهدات لموضوعات البحث المادية والواضحة»

روبرت هوك

روبرت هوك، وأدموند هالي، وإسحق نيوتن، هؤلاء هم الرجال الثلاث الذين أسسوا من خلال إنجازاتهم المنهج العلمى ذاته وحققوا تفوق العلم البريطانى في نهاية القرن السابع عشر. ويمكن القول إن هالي، إلى حد ما، يحتل المرتبة الثالثة بينهم، وذلك في ضوء الإنجازات الفائقة للاثنين الآخرين، وتأسيسا على إسهاماته المباشرة في العلم. ولكن على الرغم من ذيوع صيت نيوتن وغلبة اسمه على مدى ثلاثة قرون (وهو الأمر الذي أعطاه نيوتن الدفعة الأولى بنفسه بعد وفاة هوك)، نجد أن من المستحيل على أي مؤرخ منصف أن يقرر ما إذا كان نيوتن أم هوك هو الذي قدم الإسهام الأهم. والمعروف أن نيوتن

اتسم بالانعزالية والعمل وحده، وأرسى دعائم الحقيقة الوحيدة والعميقة، التي تقرر أن الكون يعمل وفق مبادئ رياضية، ونعرف كذلك أن هوك كان عالما اجتماعيا واسع الأفق، وقدم العديد من الأفكار الجديدة المتنوعة والمبهرة. ولكنه أيضا أنجز أكثر مما فعل أي إنسان آخر ليحول الجمعية الملكية من ملتقى لثرثرات السادة إلى نموذج مثالي للجمعية العلمية. بيد أن سوء حظه أوقعه، عن غير رغبة منه، في عداء مع نيوتن، وأن توافيه المنية قبل نيوتن، مما هيأ لخصمه اللدود فرصة لإعادة كتابة التاريخ - الأمر الذي نجح فيه بصورة فاعلة ونافذة بحيث إن هوك لم يتسن للتاريخ أن يرد له اعتباره إلا خلال العقود القليلة الماضية. وحيث إنني أود أن أضع نيوتن في موضعه الصحيح، وكذلك لأن هوك من جاء ميلاده أول الثالوث، فإننى سوف أستهل الحديث برواية عن حياته وأعماله، ثم أقدم الاثنين الآخرين في سياق علاقتهما مع هوك.

ولد روبرت هوك مع ظهيرة يوم 18 يوليو 1635، قبل وفاة غاليليو بسبع سنوات. وكان أبوه، جون هوك، راعي كنيسة كل القديسين في فريش ووتر على جزيرة وايت، وكانت الكنيسة من أثرى الكيانات على الجزيرة، وإن كان المستفيد الوحيد هو الكاهن جورج ووربورتون. ونظرا لأن جون هوك كان مجرد راع، فقد كان أبعد ما يكون عن وصفه بالثراء، وكان قد أنجب أيضا طفلين آخرين هما كاترين، المولودة العام 1628، وجون، المولود في العام 1630، وعمل أخو روبرت هوك الأكبر بقالا في نيوبورت، حيث سيصبح رئيسا للبلدية فيما بعد، بيد أنه شنق نفسه وهو في السادسة والأربعين من العمر ولا نعرف الأسباب بدقة. وسوف نلحظ أن ابنته غريس، ابنة أخ روبرت، سيكون لها دور واضح في حياة روبرت بعد ذلك.

روبرت هوك: دراسة الميكروسكوبية وإصدار الرسوم الميكروسكوبية

كان روبرت هوك طفلا معلولا، لذا لم يكن متوقعا له أن يعيش. وروى لنا أنه عاش على مدى السنوات السبع الأولى من حياته على اللبن ومشتقاته، علاوة على الفاكهة، «دون اللحم وهو ما يتفق تماما مع بنيته

الضعيفة» (*). ولكن على الرغم من ضآلة جسمه ونحوله وضعف قدرته البدنية، فإنه كان صبيا نشطا يتمتع بالعدو والقفز. ولكن في فترة تالية من حياته، وهو في السادسة عشرة من العمر أصيب بتشوه واضح في بدنه وما يشبه الالتواء الأمر الذي عزاه فيما بعد إلى الساعات الطويلة التي اعتاد أن يقضيها مقوس الظهر وهو يعمل على آلة الخراطة أو أدوات أخرى. وبرع في صناعة النماذج، بما في ذلك نموذج لسفينة طولها متر كاملة ولها حبال صارى وأشرعة، وحدث أن صنع ساعة خشبية تعمل بالفعل بعد أن شاهد ساعة قديمة مصنوعة من نحاس.

وأهملت الأسرة بداية تعليم هوك في المدارس الرسمية، بسبب سوء حالته الصحية. وحين بدت لهم بوادر تبشر بأنه سيبقى على قيد الحياة بدأ أبوه يعلمه أساسيات التعليم، على أمل أن يعمل مستقبلا في الكنيسة، غير أن استمرار حالة روبرت الصحية السيئة فضلا عن تزايد حالة الوهن عند الأب، جعلهما يحققان تقدما ضئيلا في هذا الاتجاه، ومن ثم تركت الأسرة روبرت ليقضى أكثر وقته كما يحلو له ليشبع رغباته الخاصة. وحدث أن زار فنان محترف بلدة فريش ووتر لإنجاز مهمة ما، ألقى هوك نظرة واحدة إلى الفنان وكيف أنجز عمله فقرر أن باستطاعته أن يفعل ذلك بنفسه. وأعد بالفعل الأصباغ اللازمة وشرع في تقليد أى رسومات يجدها أمامه، وكشف عن مهارة جيدة، حتى تنبأ له البعض بأنه سوف يصبح هو الآخر فنانا محترفا. ومات جون هوك والد روبرت العام 1648، بعد مرض مميت، بينما روبرت في الثالثة عشرة من العمر. وأرسلته الأسرة بميراثه البالغ 100 استرليني إلى لندن للتلمذة على يدي الفنان سير بيتر ليلي. ورأى روبرت أول الأمر أن لا داعى لاستخدام المال من أجل تلمذة مادام ويرى أن بإمكانه تعلم الرسم بنفسه، ثم اكتشف أن رائحة الدهانات تسبب له صداعا حادا. ومن ثم فإنه بدلا من أن يصبح فنانا، استخدم المال لدفع كلفة التعلم في مدرسة وستمنستر، حيث تعلم عزف الأرغن بالإضافة إلى دراساته المدرسية.

(*) من مقدمة ريتشارد والر لكتاب «مؤلفات روبرت هوك المنشورة بعد وفاته» صدرت في العام 1705.

وعلى الرغم من صغر سنه، بما لا يسمح له بالمشاركة على نحو مباشر في الحرب الأهلية، فإن أصداء الصراع أثرت في هوك. وفي العام 1659، أمن لنفسه مكانا في مدرسة كرايست شيرش كوليج في أكسفورد كمرتل في الجوقة - ولكن نظرا لأن البرلمان المتزمت أطاح بمظاهر البهرجة، ومن بينها جوقة الكنيسة، فقد أدى هذا إلى حصوله على دخل متواضع (منحة دراسية) دون مقابل. وتصادف أن كان من معاصريه في أكسفورد رجل له اهتمام كبير بالعلم، وهو كريستوفر رين، الذي يكبر هوك بثلاثة أعوام ويمثل ثمرة مغايرة من ثمار مدرسة وستمنستر. واعتاد هوك، مثله مثل الكثيرين من الطلاب الفقراء في عصره أن يوفق بين أهدافه بالعمل خادما لأحد طلاب الجامعة الأثرياء. ونعرف أن كثيرين من أبناء فريق كلية غريشام في تلك الفترة انتقلوا إلى أكسفورد بناء على قرار أوليفر كرومويل بإبدال الأكاديميين الموصومين بتأييد أكسفورد للجانب الملكى في الحرب، وبدا هوك، بفضل مهارته في صناعة الأشياء وإجراء التجارب، مساعدا عالي القيمة لهذا الفريق من العلماء. وسرعان ما أصبح رئيس مساعدي روبرت بويل (نظير أجر) وأيضا صديق العمر له. ويمكن القول إن هوك مسؤول إلى حد كبير عن نجاح مضخة الهواء التي صنعها بويل، ومن ثم عن نجاح التجارب التي أجريت بها، فضلا عن مشاركته الوثيقة في النشاط الكيميائى الذي أنجزه بويل في أكسفورد. ولكن هوك أنجز أيضا دراسة فلكية للبروفيسور سيث وورد، أستاذ علم الفلك آنذاك (الذي اخترع، من بين اختراعات كثيرة تحسين الرؤى البصرية بالتلسكوب)، كما ابتكر في منتصف خمسينيات القرن السابع عشر سبلا لتحسين دقة الساعات لضبط المواقيت الفلكية.

واستطاع هوك خلال هذا الجهد أن يتوصل إلى فكرة نوع جديد لساعة جيب ينظمها زنبرك موازن، ويمكن القول إن هذا يمثل السلف الأول للكرونومتر الذي يتميز بالدقة ويمكن الاعتماد عليه لتحديد خطوط الطول في البحر، وزعم هوك أنه حدد الطريقة لإنجازه. بيد أنه حين ناقش (دون أن يكشف كل أسراره) إمكانية تسجيل براءة اختراع مثل هذا الجهاز، توقفت المفاوضات نظرا إلى اعتراض هوك على أحد بنود

براءة الاختراع والذي سمح للآخرين بأن يحصدوا منافع عالية مقابل أي تحسين يدخلونه على تصميمه. ولم يكشف أبدا عن سر فكرته، التي ماتت معه. وعلى الرغم من أن ساعة الجيب ليست كرونومترا للاستخدام في البحر، إلا أنها تمثل تحسنا مهما في التصميمات الموجودة وقتذاك، والتي كانت وحدها كافية لتضمن لهوك مكانا في التاريخ (وأهدى هوك إحدى هذه الساعات إلى تشارلز الثاني الذي أبدى سروره بها).

وعندما تأسست الجمعية الملكية في لندن في مطلع ستينيات القرن السابع عشر كانت بحاجة إلى اثنين من الأعضاء الدائمين، ليعمل أحدهما سكرتيرا لمتابعة الجانب الإدارى والآخر قيما على التجارب ليتابع الجانب التطبيقي. وبناء على توصية روبرت بويل حصل على الوظيفة الأولى هنري أولدنبرغ ألماني المولد، وحصل روبرت هوك على الوظيفة الثانية وأقبل أولدنبرغ من بريمن، التي ولد فيها العام 1617، وأصبح ممثلا لهذه المدينة في لندن العام 1653 و1654، حيث التقى بويل وآخرين من أعضاء دائرته. وعمل أيضا لفترة من الوقت معلما خاصا لأحد أبناء إخوة بويل، وهو لورد دنغرفان. وإذ أثارت العلاقة اهتمام أولدنبرغ بالعلم، فقد عمل مدرسا في أكسفورد العام 1956 وكان عضوا بارزا في الحلقة التي ضمت أول زملاء الجمعية الملكية. وتميز بطلاقته في العديد من اللغات الأوروبية وعمل ما يشبه غرفة المقاصة للمعلومات العلمية، والاتصال عبر الرسائل بالعلماء في كل أنحاء أوروبا. وتوثقت علاقته مع بويل وأصبح ممثله الأدبي والمترجم لأعمال بويل، ولكنه للأسف نظر إلى هوك نظرة كراهية. وتوفي العام 1677م.

وترك هوك أكسفورد ليشغل وظيفته في الجمعية الملكية العام 1662، ولم يكمل درجته العلمية نظرا لاشتغاله بالعمل مساعدا لبويل وآخرين، ولكنه على أية حال شغل وظيفة لدرجة الماجستير، كما تم انتخابه زميلا للجمعية الملكية. وبعد سنتين تغيرت وظيفته كقيم على التجارب من مستخدم وظفته الجمعية إلى وظيفة أخرى شغلها باعتباره زميلا وعضوا بمجلس الجمعية، ويعتبر هذا تمييزا مهما أفضى إلى الاعتراف به كأحد السادة على قدم المساواة مع الزملاء الآخرين، وإن ظل مسؤولا عن أداء

أعبائـــه الثقيلة. وهكذا حظي هوك بمظاهر تكـــريم جيدة تماما، غير أن دخله لايزال أمرا مهما بالنســـبة إليه كفقير، ولكن للأسف، كانت الجمعية فـــي أيامها الأولى تفتقر إلى التنظيم والتماســـك مثلمـــا تفتقر إلى المال، ولهـــذا ظل هوك لفترة من الزمن معتمدا على كرم روبرت بويل لتحســـين وضعه المالي. وفي مايو 1664 تم ترشيح هوك لمنصب أستاذ الهندسة في كلية غريشام، بيد أنه خسر المنصب بسبب الصوت الترجيحي للورد مايور. وبعـــد مجادلات طويلة، تبين أن لورد مايـــور ليس من حقه التصويت فيما يخص التعيينات. ومن ثم شـــغل هـــوك المنصب في العام 1665 وبقي فيه إلى آخر حياته. وفي مستهل السنة التي تم فيها التعيين، وهو في التاسعة والعشـــرين من العمر، نشـــر هوك أيضـــا أعظم مؤلفاته بعنوان «الرســـم الميكروســـكوبي». وألفه بالإنجليزية، على غير المألوف وقتذاك، بأســـلوب واضح للغاية وســـهل القراءة مما هيأ له قراء عديدين على نطاق واســـع. ولكن البعض أخطأ ولم يقـــدروا مهارة هوك العلمية حق قدرها نظرا لأن أسلوبه في عرض أعماله جعله يبدو شديد السهولة.



14 – قملة. عن كتاب هوك.. الرسم الميكروسكوبي، 1664
Micrographia, 1664

وكان كتاب «الرسم الميكروسكوبي»، كما يشير عنوانه، معنيا أساسا بالميكروسكوبية (فهو أول كتاب موضوعي عن الميكروسكوب بقلم عالم كبير)، وليس من المبالغة في شيء القول إنه كان مهما لفتح أعين الناس تجاه العالم الأصغر مثلما كان كتاب غاليليو «الرسول النجمي» مهما في فتح أعين الناس على طبيعة الكون بمعناه الواسع. ويصفه جيفري كينيز بقوله «إنه يوضع في مصاف أهم الكتب قاطبة التي صدرت في تاريخ العلم». ويسجل صمويل بيبيس كيف أنه جلس يقرأ الكتاب دون انقطاع حتى الثانية صباحا، ويقول عنه إنه «أكثر الكتب إبداعا من بين كل ما قرأت في حياتي» (*).

ولم يكن هوك أول عالم معني بالميكروسكوبية، إذ نعرف أن الكثيرين ساروا على الدرب نفسه الذي بدأه غاليليو منذ ستينيات القرن السابع عشر كما سبق أن أوضحنا. ونخص بالذكر مالبيغي الذي حقق اكتشافات مهمة، خصوصا ما يتعلق منها بالدورة الدموية، بفضل الآلة الجديدة. ولكن مشاهدات مالبيغي كانت تصل متفرقة وفقا لحدوثها إلى المجتمع العلمي. ويصدق الشيء نفسه إلى حد كبير على أعمال أنتوني فون ليفنهوك (1632 - 1723) أحد معاصري هوك، وهو تاجر أقمشة وملبوسات هولندي وليس له أي تدرب أكاديمي رسمي، غير أنه حقق سلسلة من الاكتشافات المذهلة (أبلغ بها الجمعية). واستخدم في اكتشافاته هذه ميكروسكوبات صنعها بنفسه. وتتألف هذه الأدوات من عدسات محدبة صغيرة جدا (بعضها بحجم رأس الدبوس) ملصقة على أشرطة معدنية وتكون عند النظر لصيقة بالعين - وتميزت بقوة تكبير عالية جدا، وبعضها يكبر بما يوازى 200 أو 300 ضعفا. ولعل أهم اكتشاف حققه فان ليفنهوك هو اكتشاف وجود كائنات متحركة دقيقة للغاية (والتي رأى فيها أشكالا من الحياة) داخل قطرات ماء - كائنات حية عضوية دقيقة تشتمل على أنواع مختلفة مما نسميه الآن البروتوزوا والروتيفيرا والبكتيريا. واكتشف أيضا خلايا منوية (سماها كائنات مجهرية

(*) في 21 يناير 1665 وفي 15 فبراير من العام نفسه، قال بيبيس (الذي كان زميلا في الجمعية الملكية، وله حق حضور الاجتماعات)، في تقرير له عن اجتماع في كلية غريشام حضره «رجال علميون مرموقون، لكن المهم أن السيد بويل كان من المشاركين في الاجتماع، وقبله السيد هوك، الواعد أكثر من أي إنسان آخر عرفته في العالم». ويعطينا هذا إشارة دقيقة عن موقف هوك الفكري وقتذاك، علاوة على فكره عن مظهره غير الجذاب.

Animalcules)، والتي تمثل أول إلماحة لكيفية عملية الحمل، وضاعف بشكل مستقل من عمل مالبيغي (الذي لم يكن يدري عنه شيئا) في خلايا الدم الحمراء والشعيرات الدموية. ولا ريب في أن هذه تمثل دراسات مهمة، وأن القصة التي تحكي دور فان ليفنهوك باعتباره هاويا عن أصالة من خارج التيار الرئيسي للعلم كفلت له ظهورا بارزا في الروايات الشعبية التي تروى عن العلم في القرن السابع عشر (حتى أن بعضها نسبت إليه فضل اختراع الميكروسكوب). بيد أنه كان إنسانا غير عادي، استخدم تقنيات وأدوات غير تقليدية، بينما مثل هوك التيار الرئيسي لمسار تطور الميكروسكوبية، حيث التزم اختراعه الخاص لأجهزة ميكروسكوبية مركبة ومحسنة تستخدم عدستين أو أكثر لتكبير الأجسام موضوع الدراسة. وجميع اكتشافاته في مجلد واحد ميسور لمن شاء وزوده برسوم جميلة ودقيقة علمية تعرض ما رآه من خلال الميكروسكوب (ورسم أكثر الرسوم صديقه كرستوفر رين). ويعتبر كتاب «الرسم الميكروسكوبي» معلما رئيسيا للحظة التي بلغت فيها الميكروسكوبية درجة النضج كمبحث علمي مستقل.

وأشار هوك في رائعته عن أشهر اكتشافاته الميكروسكوبية وهي البنية «الخلوية» لشرائح الفلين التي رآها تحت الميكرسكوب. وعلى الرغم من أن المسام التي أبصرها ليست خلايا بالمعنى البيولوجي الحديث للمصطلح، إلا أنه اتخذ لها هذا الاسم، ولكن علماء البيولوجيا المعاصرين اقتبسوا الاسم من هوك عندما تعرفوا في القرن التاسع عشر على ما نسميها الآن خلايا. ووصف أيضا بنية الريش، وطبيعة أجنحة الفراشات وتركيبة عين الذبابة، غير مشاهدات أخرى كتبت من واقع عالم الحياة. ويتضمن الكتاب فصلا يتسم ببعد النظر وفيه هوك يحدد على نحو صحيح معنى الأحافير باعتبارها بقايا كائنات حية ونباتات كانت في قديم الزمان على قيد الحياة. وكان الاعتقاد الشائع وقتذاك أن هذه الأحجار التي تشبه كائنات حية ما هي إلا صخور حاكت ظاهر الحياة من خلال عملية غامضة. بيد أن هوك رفض بحسم الفكرة القائلة إن الحفريات «أحجار شكلتها قوى خفية موجودة في باطن الأرض، وأكد مرارا وتكرارا (بالإشارة إلى المواد التي نعرفها الآن باسم «الأمونيات» أي الأصداف المتحجرة (ammonites) أنها أصداف لأنواع معينة

من الأسماك ألقي بها بفعل طوفان أو ممر مائي أو زلزال أو ما أشبه في هذا المكان، وامتلأت بنوع من الطين أو الصلصال أو ماء متحجر أو أي مادة أخرى، والتي التحمت بعضها ببعض مع مرور الزمن وتحولت إلى مادة صلبة. وألقى محاضرات خلال هذه الفترة في كلية غريشام، والتي لم تنشر إلا بعد وفاته، أقـر فيها هوك تحديدا ـ أن هذا كله يفيد بتعرض سـطح الأرض لتحولات كبرى. وقال في هذا الصدد «إن أجزاء كانت في السـابق بحارا أضحت الآن يابسة، كما تحولت جبال إلى سهول، وسهول إلى جبال، وهكذا».

هوك ودراسة النظرية الموجية للضوء

أي مـن هذه الإنجازات كان كافيا ليحقق الشـهرة لهوك وليبهج القراء مـن أمثال صمويل بيبيس. ولكن ثمة ما هو أكثر بالنسـبة لكتاب «الرسـم الميكروسـكوبي» من مجرد الميكروسـكوبيا. إذ درس هـوك طبيعة الأنماط الملونة التي تنتجها أغشـية رقيقة مادية (مثل ألوان جناح الحشرة، أو ألوان قـوس قزح التي نراها اليوم في النفط أو بقعة بترول مسـكوبة على الماء)، وأفاد بأنها ناتجة عن شـكل ما من التداخل بين الضوء المنعكس من طرفي الغشـاء. وجدير بالذكر أن إحدى الظواهر التي بحثها هوك بهذه الطريقة تتعلـق بحلقات الضـوء الملونة الناتجة عن التقاء قطعتـين من الزجاج عند زاوية حادة، ونجد في الشـكل الكلاسيكي للتجربة عدسة محدبة موضوعة فوق قطعة زجاج مسـطحة، بحيث توجد فجوة رقيقة إسـفينية الشكل بين سـطحي الزجاج قـرب نقطة التقائهمـا. ونرى الحلقات عنـد النظر إلى العدسـات من أعلى، وتتعلق الظاهرة بالطريقة التي ينتج بها غشـاء رقيق من النفط المسـكوب فوق الماء نمطا لولبيا من الألوان. ويدل هذا على مدى نجـاح نيوتن في إعادة كتابة التاريخ بحيـث أصبحت هذه الظاهرة معروفة باسـم «حلقات نيوتن». وبنى هوك أفكاره عن الضوء على أسـاس النظرية الموجيـة التي طورها بعد ذلك لتتضمن الإشـارة إلـى أن الموجات قد تكون ذبذبة مستعرضة (في تقابل) وليست من نوع موجات ضغط دفعية - جذبية كما تصورها هايغنز. وعرض تجارب تشـتمل على عملية الاحتراق، وخلص منها إلى أن كلا من عمليتي الاحتراق والتنفس تتضمنان شـيئا ما من الجو

يجري امتصاصه، واقترب بذلك كثيرا جدا من اكتشاف الأكسجين (قبل اكتشافه بالفعل بقرن كامل)، ووضع تمييزا واضحا بين الحرارة التي تنبثق في الجسم، كما قال «من الحركة أو تحريك أعضائه» (سبق هنا عصره بحوالي قرنين)، وبين الاحتراق الذي يشتمل على شيئين مجتمعين. وأجرى هوك تجارب على نفسه، إذ جلس داخل غرفة يجري ضخ الهواء منها إلى الخارج حتى أحس بالألم في أذنيه، واشترك في تصميم واختبار شكل أولي لناقوس الغوص. واخترع طرازا للبارومتر يشبه الساعة في مظهره والمعروف لنا الآن، واخترع كذلك جهاز قياس الرياح، وهو عبارة عن «ترمومتر» محسن وهيغروسكوب لقياس درجة الرطوبة في الجو، وأصبح بذلك أول باحث أرصاد علمي فضلا عن أنه لحظ الرابطة بين التغيرات في الضغط الجوي والتغيرات في الطقس. ويبدو أن هوك أراد أن يمنح القارئ المزيد، فأضاف في خاتمة الكتاب مجموعة من الرسوم المؤسسة على بعض أرصاده الفلكية. وأوضح بشفافية تامة الفلسفة الكامنة وراء عمله وقيمة «اليد الأمينة والعين الصادقة في فحص وتسجيل الأشياء كما تظهر بالفعل»، بدلا من الاعتماد على «عمل المخ والمخيلة» دون أي أساس من تجربة ومشاهدة. ويقول هوك «الحقيقة هي أن علم الطبيعة ظل زمنا طويلا مجرد عمل من أعمال المخ والمخيلة فقط، ولكن حان الوقت للعودة إلى بساطة ووضوح وصدق المشاهدات لموضوعات البحث المادية والواضحة».

وقال جون أوبري، الذي كان يعرف هوك جيدا في وصفه له العام 1680 بأنه:

> متوسط القامة، مع انحناءة ووجه شاحب صغير نسبيا
> ولكن رأسه كبير. عيناه ممتلئتان جاحظتان رماديتان يشوبهما
> حزن. ويغطى رأسه شعر رقيق أسمر مجعد في حلقات ندية.
> تميز دائما بالاعتدال، فضلا عن اعتداله في الطعام...إلخ.

ونظرا لأنه يملك رأسا ابتكاريا مذهلا، كذلك هو إنسان عظيم الفضل والفضيلة.

تآمرت عوامل عديدة للحيلولة دون هوك والبناء على أساس إنجازاته المعروفة في كتابه «الرسم الميكروسكوبي» والوصول إلى أقصى مدى متاح. وأول هذه العوامل وضعه في الجمعية الملكية، حيث كان مسؤولا عن إجراء جميع

التجارب اللازمة لكل الموضوعات وعرضها في كل اجتماع أسبوعي، وكان بعضها من تصميمه الخاص والبعض الآخر بناء على طلبات زملاء الجمعية. وتولى أيضا مهمة قــراءة أوراق بحث كتبها زملاء لم يحضروا، علاوة على وصف المخترعات الجديدة. وتشتمل كل صفحة من صفحات محاضر جلسات الجمعية في سنواتها الأولى على أنواع من القضايا مثل «السيد هوك أنتج...» و«السيد هوك كان مكلفا بـ...» و«لاحظ الســيد هوك...» «وأجرى الســيد هوك بعض التجارب...» إلخ... إلخ. وكأن هذا لم يكن كافيا ليشغله تماما (ولنتذكر أن السيد هوك كان مسؤولا عــن تقديم سلســلة كاملة من المحاضــرات في كلية غريشــام)، إذ عندما توفي أولدنبــرغ العام 1677، حل هوك محله ليتولى أيضا مهامه كســكرتير للجمعية الملكية (على الرغم من وجود أكثر من سكرتير وقتذاك ليشارك في تحمل العبء الإداري). بيد أنه تخلى عن هذا المنصب في العام 1683م.

وبعد فترة وجيزة من صدور كتاب «الرســم الميكرســكوبي»، تســبب الطاعون على المدى القصير، في وقف أنشــطة الجمعية الملكية، واضطر هوك، شــأنه شــأن كثيرين آخرين، إلى مغادرة لنــدن والعودة إلى الريف، حيــث لجأ ضيفا على بيت إيرل بيركلي في إبســوم. وانشــغل هوك على المدى المتوســط عن عمله العلمي لمدة ســنوات عقب حريق لندن في العام 1666، عندما أصبح من الشــخصيات الرئيســية (الثاني بعد كرســتوفر رين) المســؤولة عن إعادة بناء المدينة، وجدير بالذكر أن الكثير من المبانى المنســوبة إلى رين هي جزئيا على الأقل من تصميم هوك، ويكاد يكون من المستحيل في أغلب الحالات التمييز بين إسهامات كل منهما.

اندلع الحريق في ســبتمبر 1666 وفي مايو من العام نفسه، قرأ هوك ورقة بحث أمام الجمعية الملكية ناقش فيها حركة الكواكب حول الشــمس تأسيسا على قوة جاذبة صادرة عن الشمس تمسك بالكواكب في مداراتها (بدلا من الدوامات الديكارتية في الأثير)، وأنها تشبه كرة مثبتة في خيط تبقى فــي مدارها» نتيجة تأثيــر قوة الخيط عندما تديرها بســرعة في دورات متتابعة حول رأســك. وعــاد هوك إلى فكرته هــذه بعد إنجازاته المعمارية والمســحية خلال أعمال إعادة بناء لنــدن، وألقى محاضرة العام 1674 عرض فيها وصفه لـ «نظام العالم» على النحو التالي:

> أولا، جميع الأجرام السماوية أيا كانت لها قدرة جذب أو جاذبية تجاه مراكزها هي، والتي لا تجذب فقط أجزاءها هي، بل تبقيها وتحول دون أن تفر منها... ولكنها أيضا تجذب كل الأجرام السماوية الأخرى الموجودة داخل نطاق تأثيرها... والفرض الثاني، هو أن جميع الأجرام أيا كانت في حالة حركة مباشرة وبسيطة، ومن ثم فإنها ستواصل حركتها إلى الأمام في خط مستقيم ما لم تؤد قوى أخرى مؤثرة إلى انحرافها ومن ثم تحيد حركتها، وتأخذ شكلا دائريا أو إهليليجيا أو شكلا آخر لخط منحن. والفرض الثالث هو أن هذه القوى الجاذبة كلما كانت أقوى تأثيرا كان الجرم أكثر تأثرا وأقرب إلى المركز (*).

وتلحظ أن الفرض الثانى الذي قال به هوك هو في جوهره ما نعرفه الآن باسم قانون نيوتن الأول عن الحركة، ويشير الفرض الثاني خطأ إلى أن الجاذبية تنقص كلما زادت المسافة بعدا عن الجرم، وليس مربع المسافة. بيد أن هوك نفسه سرعان ما صحح هذا الفهم الخاطئ.

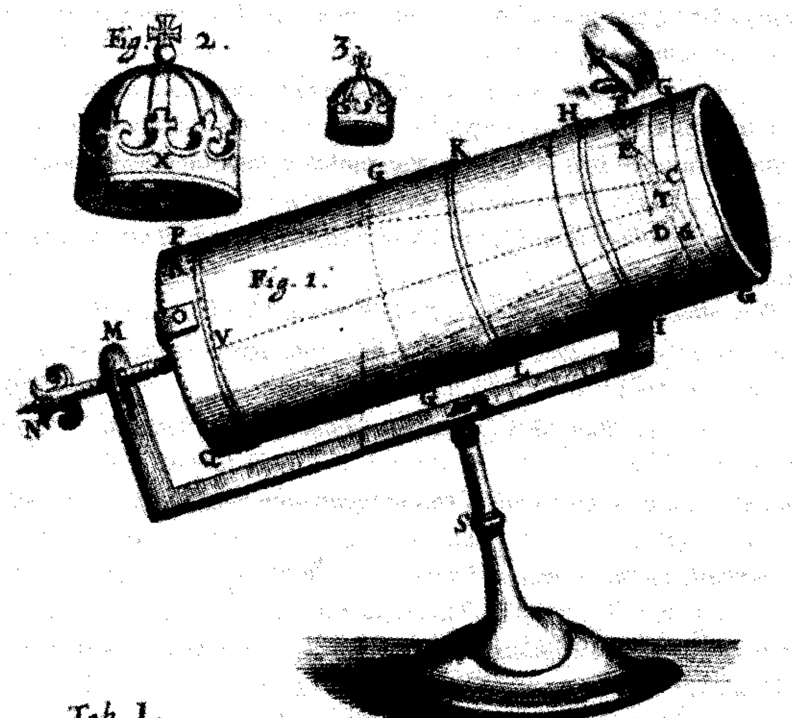
وحان الوقت الآن لنقدم كلا من هالي ونيوتن وإسهاماتهما في الجدل بشأن الجاذبية. ولكن، لنلق أولا نظرة سريعة على بقية حياة هوك.

هوك وقانون المرونة

نحن نعرف الكثير عن الفترة الأخيرة من حياة هوك من خلال مذكراته اليومية التي بدأ يلتزم على متابعتها العام 1672، وهذه المذكرات ليست عملا أدبيا مثل مذكرات بيبيس، بل هي سجل موجز سريع عن وقائع الحياة يوما بيوم. بيد أنها تصف كل شيء من حياة هوك الخاصة، سواء في قاعات كلية غريشام، والتي يتحدث فيها بأسلوب غاية في الصراحة والصدق حتى إنه ساد شعور بأن ليس من الملائم نشرها حتى القرن العشرين (وهذه إحدى الأسباب في أن شخصية هوك وإنجازاته لم تحظ بالاعتراف الكامل إلا مؤخرا). وعلى الرغم من أن هوك لم يتزوج، فإنه كانت له علاقات جنسية مع العديدات

(*) الاقتباس من Espinasse.

من خادماته، وكذلك اتخذ من ابنة أخته عشيقة له منذ العام 1676، وقد كانت على الأرجح في الخامسة عشرة من العمر وقتذاك وتشاركه سكناه منذ طفولتها. وأحس بالدمار الكامل حين توفيت العام 1687، وانتابته حالة من الاكتئاب والسوداوية لازمته طول حياته. ويمثل العام 1687 كذلك سنة حاسمة في نزاعه مع نيوتن، مما صعب عليه الأمر. وعلى الجانب العلمي، وباستثناء العمل في مجال الجاذبية، حقق هوك العام 1678 أنجح أعماله، وهو اكتشاف قانون المرونة الذي يحمل اسمه. وهنا نرى نموذجا لنهج التاريخ في معاملة هوك، حيث إن هذا الإنجاز العادي هو الذي يقترن باسمه (الزنبرك المشدود يقاوم بقوة تتناسب مع امتداده)، بينما إنجازاته المبهرة، وهي كثيرة (لم أذكرها جميعا)، إما أن التاريخ نسيها أو نسبها إلى آخرين. وتوفي هوك في الثالث من مارس 1703، وحضر جنازته جميع زملاء الجمعية الملكية الموجودين وقتذاك في لندن. ونشر إسحق نيوتن في العام التالي عمله الملحمي عن الضوء واللون «Opticks»، الذي عكف عليه عامدا ثلاثين سنة في انتظار موت هوك.



15 - تلسكوب نيوتن. من محاضر الجلسات الفلسفية للجمعية الملكية (1672)

إن عــداء نيوتن تجاه هوك (والذي أكاد أقول عداء بلغ به حد الهوس، وإن ناصب آخرين العداء أيضا) يعود إلى مطلع سـبعينيات القرن السابع عشر، وقت أن كان أستاذا شابا في كامبريدج، ولفت أنظار الجمعية الملكية لأول مــرة. إذ نعــرف أن نيوتن (الذي يصغر هوك بســبع سـنوات) أكمل دراســاته الجامعية في كيمبريدج في سـتينيات القرن الســابع عشر، ثم أصبح بعد ذلك زميلا في كلية ترينتي ثم أســتاذا لوكاسيا للرياضيات (*) (Lucasian Professor) فــي العام 1669، وقد خلف في المنصب إسـحق بارو، أول أســتاذ لوكاســي، ولكنه اسـتقال تحت زعم التفــرغ وقتا أطول للدراســات الدينية، ولكنه سرعان ما أصبح قسيسا ملكيا ثم رئيسا لكلية ترينتــي، مما يعني أنه كان له حافز مضمر يحركه. وظل نيوتن طوال هذا الوقت يجري تجاربه ويفكر في أمر العالم بمفرده بشــكل أو بآخر، لا يكاد يناقش أفكاره مع أي إنســان آخر، ودرس مــن بين ما درس طبيعة الضوء مستخدما العدسات والمنشورات (الموشورات Prism)، جدير بالذكر أنه في عمل من أهم أعماله في البصريات فصل الضوء الأبيض (الذي هو عمليا ضوء الشمس) إلى ألوان قوس قزح الطيف مستخدما منشورا زجاجيا، ثم أعــاد تجميع الألوان ليصنع لونا أبيض ثانيا، وبرهن بذلك على أن الضوء الأبيض هو تحديدا مزيج من جميع ألوان قوس قزح.

وحــدث قبل ذلك أن مرر آخرون (من بينهــم هوك) ضوءا أبيض من خلال منشــور، وأسقطوا شعاعا على شاشــة تبعد بضع بوصات، لينتجوا كتلــة بيضاء لا شــكل لها من الضوء ذي الحواف الملونة. واســتطاع نيوتن أن يمضــي إلى أبعد من ذلك لأنه اســتخدم ثقبا ضيقــا في نافذة مغلقة كمصدر للضوء، وأسقط الشعاع من المنشور على حائط في الجانب الآخر داخل قاعة كبيرة تبعد عدة أقدام، مما هيأ مســافة أكبر لانتشار الألوان. وتأسيســا على هذا العمل، قاده الاهتمام بالألوان إلى التفكير في مشكلة الأهداب الملونة حول حواف الصور التي يراها من خلال التلســكوب حول

(*) الأســتاذ اللوكاسي هو من يتولى كرسي أستاذية الرياضيات في جامعة كيمبريدج بإنجلترا. ويعتبر من أســمى مناصب الأســتاذية مكانة في العالم. أسسه هنري لوكاسHenry Lucas في العــام 1663، والــذي أوصى قبل وفاته بمكتبته للجامعة. واشــترط في وصيته أن من يشــغل المنصب لا يمارس أنشطة كنسية. [المترجم].

العدسات، ووضع تصميما لتلسكوب عاكس وصنعه بنفسه (دون أن يعلم شيئا عن الجهود السابقة، لليونارد ريغز) ولم يعد يواجه المشكلة مع هذا التلسكوب الجديد.

وبدأت تنتشر الأنباء بشأن هذا العمل بعد أن عرض نيوتن جزءا من إنجازه عن الضوء في محاضرات ألقاها باعتباره أستاذا لوكاسيا، وساعد على انتشار الأنباء أيضا الزائرون لجامعة كامبريدج، سواء منهم من شاهد التلسكوب أو سمع عنه. وطلبت الجمعية الملكية مشاهدة الجهاز. وأخذ اسحق بارو جهازا (إذ ربما صنع نيوتن جهازين على الأقل) في أواخر العام 1671 وتوجه به إلى لندن وعرضه في كلية غريشام. وحدث أن تم انتخاب نيوتن مباشرة زميلا (وانعقد الاحتفال بذلك في 11 يناير 1672) وسألوه عما يخفيه من أسرار غير ذلك. وأجاب بأنه سيقدم للجمعية ورقة بحث شاملة عن الضوء والألوان. وتصادف أن كان نيوتن يفضل نظرية الجسيمات الضوئية (Corpuscular theory of light) باعتبار الضوء سيالا من الجسيمات. ولكن الاكتشافات التي أوضحها بجلاء وقتذاك تبين صدقها بغض النظر عما إذا كان هذا النموذج أو النموذج الموجي (الذي يفضله آخرون من مثل هوجنز وهوك) هو المستخدم في التفسير.

وتضمنت ورقة البحث ملاحظات جانبية عديدة، ليس أهمها عبارة تؤكد أن نيوتن بدأ تجاربه في البصريات العام 1666، ويبدو واضحا منها أن حافزه للاهتمام بالبصريات والضوء هو قراءته لكتاب هوك «الرسم الميكروسكوبي»، ولكنه حاول أن يقلل من أثر ذلك بالإشارة إلى «تجربة غير متوقعة» ذكر السيد هوك في كتابه «الرسم الميكروسكوبي» أنه أجراها مستعينا بوعاءين شفافين لهما شكل إسفيني، لكنه أمسك عن الإدلاء بأي تفصيلات عن العمل الذي أنجزه هوك (ونذكر في هذا المثال ما أصبح معروفا باسم حلقات نيوتن).

ولا ريب في أن هوك، العالم الأكبر سنا والأكثر رسوخا، كان حتما يشعر بالاستياء لما لقيه على لسان شاب غر من تقدير أقل كثيرا مما يستحق، وقد عبر عن ذلك لأصدقائه. كان هوك دائما شديد الحساسية إزاء حقه في الاعتراف عن صدق بجهوده. ويبدو هذا مفهوما بالنظر

إلى أصوله المتواضعة وماضيه القريب كخادم للسيد العلامة الذي أسس الجمعية الملكية (*). ومع هذا كان نيوتن، حتى وهو في سنه المبكرة، يعتقد أنه يتحلى بأعظم القدرات (وهذا له ما يبرره إلى حد كبير، ولكنه ليس صفة جذابة) واعتاد النظر إلى العلماء الآخرين مهما كان قدرهم وقيمتهم باعتبارهم أهل للعق حذائه. وترسخ لديه هذا الاتجاه على مدى السنوات القليلة التالية، وذلك عندما أثار عدد من النقاد، ممن هم دونه مكانة وفكرا، انتقادات لأعماله كشفت عن جهلهم الفاضح أكثر من أي شيء آخر. وحاول نيوتن أول الأمر الرد على بعض النقاط المعقولة المثارة، ولكنه استشاط غضبا بعد ذلك إذ أحس أنه يضيع وقته سدى. وكتب في هذا إلى أولدنبرغ ليقول: «أرى أنني جعلت من نفسي عبدا للفلسفة... وحسمت أمرى على أن أودعها إلى الأبد، فيما عدا ما أحققه إشباعا لنفسي خاصة، أو أتركها لتأتي في إثري، ذلك لأنني أرى أن واجب المرء إما أن يكف عن أي جديد، أو أن يسخر نفسه للدفاع عنه».

وعندما قدم أولدنبرغ بخبث رواية مبالغا فيها عن رؤية هوك لنيوتن، في محاولة متعمدة لإثارة مشكلة، حقق نجاحا في ذلك أكثر مما كان يتوقع. ورد نيوتن معربا عن شكره لأولدنبرغ «لصراحتك في تعريفي بتعريضات السيد هوك»، وطلب السماح له بفرصة لتصحيح الوضع. ونذكر هنا أن جي.جي. كراوثر لخص بوضوح الجذر الحقيقي للمشكلة التي نفخ فيها أولدنبرغ النار لتزداد اشتعالا: «لم يكن بوسع هوك أن يفهم أسلوب الكياسة في التعامل مع العلم... واعتاد نيوتن النظر إلى الاكتشافات باعتبارها ملكية خاصة» (**). وهذا ما فعله على الأقل فيما يتعلق باكتشافاته هو. وبعد أربع سنوات من نشر الغسيل القذر الناتج عن هذا الصدام الشخصي، أصبح لزاما وضع

(*) كان هوك يدرك تماما أهمية منح الثقة والتقدير في موضعهما الصحيح، ومع هذا فإن من الأهمية بمكان الإشارة إلى أنه كان حريصا (حرصا بالغا) في اعترافه بجهود أقرانه، من أمثال بويل، وهو ما نراه واضحا في منشوراته. وانتظر أن يلقى التقدير الذي يستحقه، ولن نجد دليلا واحدا على أنه طالب يوما بأكثر من ذلك.

(**) «مؤسسو العلم في بريطانيا»، ص248 .

نهاية له وإلا ستصبح الجمعية الملكية مكانا مثيرا للسخرية، واتفق رأي زملاء عديدين على العمل بإصرار من خلال أولدنبرغ (الذي لم يسعده بالضرورة إنهاء مزاحه على حساب هوك) على عقد مصالحة علنية. (أيا كان ما يضمره أي من الشخصيتين الرئيسيتين من مشاعر)، وهذا ما تحقق من خلال رسائل متبادلة.

ويبدو أن رسالة هوك إلى نيوتن حملت الطابع الأصيل لشخصية هوك. إذ يؤكد استعداده الدائم للمحاجة في قضايا العلم بأسلوب ودي (مفضلا أن يكون ذلك بين بضع رفاق في إحدى المقاهي المألوفة)، ولكنه معني فقط بالحقيقة:

> أقر بأنك في هذه المسألة (دراسة الضوء) قطعت شوطا أبعد مما ذهبت أنا... وأعتقد أن ليس بالإمكان أن ألتقي بمن هو أقدر منك وأكثر ملاءمة لبحث الموضوع، إذ إنك من جميع النواحي الشخص المناسب لتصحيح وإصلاح وإتمام ما تضمنته دراساتي وأنا أصغر سنا، والتي استهدفت إشباع شيء في نفسي بقدر ما كانت تسمح أعمالي السابقة المملوءة بالمشكلات، هذا على الرغم من أنني أدرك جيدا أنها تشتمل على قدرات أدنى كثيرا من قدراتك. وأعتقد أن لكلينا هدف واحد نعمل له ألا وهو اكتشاف الحقيقة. وأحسب أن كلا منا قادر على سماع الاعتراضات بحيث لا تصدر عن عداوة خاصة، وأننا نتمتع بعقلين متكافئين من حيث النزوع للتسليم بأبسط وأوضح النتائج التي يستخلصها العقل من التجربة.

هنا يتحدث عالم حقيقي. وسوف يكون بالإمكان تأويل رد نيوتن باعتباره ردا تصالحيا، ولكنه مع هذا غير متوائم على الإطلاق مع شخصيته، ويشتمل على فكرة واضحة الدلالة ضمنيا وجديرة بأن نبرزها. إذ بعد أن قال: «أفرطت كثيرا في الثناء على قدراتي» (وهذه ملاحظة لم يكن نيوتن ليقولها أبدا في حديثه إلى أحد إلا قسرا)، نراه

يمضي إلى موضوع من أشهر موضوعات العلم (وأكثرها جدلا وسوء فهم)، ويجري تفسيره عادة بأنه تسليم عن إذعان بمكانته المتواضعة في تاريخ العلم:

> إن ما أنجزه ديكارت يمثل خطوة جيدة، وأضفت أنت الكثير بوسائل عديدة، وبخاصة إدراج ألوان الألواح الرفيعة التي تخصك في الفكر الفلسفي. وإذا كنت أنا قد رأيت ما هو أبعد كثيرا فذلك لأنني أقف على أكتاف عمالقة.

واقترح جون فوكنر، من مرصد ليك في كاليفورنيا، تفسيرا لهذه الملاحظات التي تفضح أسطورة نيوتن على نحو يكاد يتطابق مع ما هو معروف عن شخصيته. إن الإشارة إلى ديكارت هدفها ببساطة أن تضع هوك في مكانه، والإفادة بأن الأولوية التي يزعمها هوك إنما تعود عمليا إلى ديكارت. وتضفي الجملة الثانية على هوك (ولنتذكر أنه العالم الأكبر سنا والأرسخ علما)، ولكن من قبيل التفضل والتنازل، قدرا قليلا من التقدير والمصداقية. بيد أن العبارة الأهم والكاشفة هي: «أقف على أكتاف عمالقة». ولنلاحظ أنه كتب الحرف الأول (من كلمة عمالقة Giants) كبيرا للاستثناء. ولنسأل، حتى مع التسليم بالتباينات الغريبة في التهجية في القرن السابع عشر، لماذا اختار نيوتن التأكيد على هذه الكلمة؟ السبب يقينا أن هوك ضئيل الجسم منحني الظهر، ومن ثم فإن الرسالة التي يريد نيوتن إبلاغها هي أنه وإن اقتبس شيئا عن القدماء فإنه ليس بحاجة لكي يسرق أفكار إنسان ضئيل في حجم هوك، وهو ما يفيد ضمنا بالتالي أن هوك قزم عقليا بقدر ما هو ضئيل بدنيا. ويعزز من حجة فوكنر المقنعة لزوما واقع أن مصدر هذا التعبير سابق على نيوتن، وأنه انتقاه وفاء لغرض في نفسه. والمعروف أن نيوتن كان كشخص مقززا (لأسباب سوف نعرض لها بعد قليل) يضمر في نفسه أحقادا دائما. ونراه مصداقا لكلمته إلى أولدنبرغ دخل في قوقعته، وكف كثيرا عن الحديث عن أفكاره العلمية بعد هذا الحوار في العام 1676، ولم يطف إلى السطح على الساحة العلمية ثانية إلا

لكـــي يقدم أهـــم الكتب تأثيرا في تاريخ العلم، بعـــد قدر من التودد من جانب أدموند هالي العضو الثالث في مجموعة الثلاثة التي حولت العلم في هذا العصر.

*

جون فلامستيد وأدموند هالي: وصف مواقع النجوم بالتلسكوب

هالي، أصغر الثلاثة، مولود في 29 أكتوبر 1656 (هذا حسب التقويم الجوليانـــي القديم الـــذي كان معمولا به في إنجلترا حتـــى ذلك الوقت، ويناظر 8 نوفمبر حســـب التقويم الغريغوري الحديث)، وجاء ميلاده أثناء فترة عطلة البرلمان. واســـم أبيه أدموند أيضـــا، وكان رجل أعمال ناجحا وإقطاعيا، وتزوج بأم هالي آن روبنسون في حفل كنائسي أقيم قبل ميلاده بسبعة أسابيع فقط، وتفســـير ذلك على أكثر الترجيحات هو إقامة حفل مدني قبل ذلك بفترة، ولكن ليس لدينا تســـجيل له، ومن ثم فإن الوصول الوشيك لأول أطفالهما شجع الزوجين على القيام بمراسم الزواج الدينية، وكان الشـــائع وقتذاك إقامة حفل مدني وبعده حفل كنائسي (إن كان ثمة ضرورة)، وكان لأدموند أخت اسمها كاثرين مولودة في العام 1658، وماتت في ســـن الرضاعة، وكـــذا أخ يدعى همفري غير معـــروف تاريخ ولادته، إنما نعرف أنه توفي العام 1684، ونحن لا نعرف غير النزر اليســـير من تفاصيل حياة هالي الباكرة باســـتثناء بعض النكســـات المالية الناتجة عن حريق لندن العام 1666، وأن أباه على الرغم من هذا كان ميســـور الحال تماما، بحيث وفر لابنه أفضل تعليم متاح، وتعلم الابن الأول في مدرســـة سانت بول في لندن (ويقع بيت العائلة في قرية هادئة في إحدى ضواحي لندن، حيث توجد الآن بلدة هاكني)، ثم بعدها جامعة أكســـفورد، والتحق فـــي هذه الأثناء بكلية كوينـــز في يوليو 1673، وقد كان بالفعل عالم فلك شـــديد الذكاء، طور لنفســـه مهاراته من الرصد الفلكي مستخدما أدوات دفع أبـــوه تكلفتها، ووصل إلى أكســـفورد ومعه طاقم كامـــل من الأدوات اشـــتمل على تلسكوب طوله 24 قدما (حوالي 7.3 أمتار) وسدسية نصف قطرها 2 قدم (60 ســـم)، وكذلك التجهيزات التي يســـتخدمها كثير من الفلكيين المحترفين في زمانه.

ووقعت أحداث عديدة في تلك الفترة كان لها يقينا أثرها الكبير في مستقبل حياة هالي، أولا، توفيت أمه العام 1672، ولا نعرف تفاصيل أكثر من أنها ووريت التراب في 24 أكتوبر من هذا العام، وتأثيرات ذلك على هالي سيأتي ذكرها فيما بعد، نتيجة الزواج الثاني لأبيه. وفي العام 1674، قررت الجمعية الملكية أنها بصدد إقامة مرصد يضاهي مرصد باريس الذي أقامته الأكاديمية الفرنسية، وتأكد أن الاقتراح ضروري بصورة ملحة نتيجة لزعم فرنسا أنه تم حل مشكلة معرفة خط الطول السماوي في عرض البحر بفضل استخدام موقع القمر إزاء خلفية النجوم، باعتبار ذلك أشبه بساعة لقياس الوقت في عرض البحر، وثبت أن الزعم سابق لأوانه - وإن كان المخطط صالح للتنفيذ من حيث المبدأ - ذلك لأن مدار القمر شديد التعقد وأنه عند توافر الجداول الضرورية لحركة القمر فإن أجهزة الكرونومتر الدقيقة ستوفر الحل لمشكلة خط الطول السماوي، وطلب المسؤولون من عالم الفلك جون فلامستيد (عاش من 1646 حتى 1719) بحث المشكلة، واستنتج عن صواب أن هذا الحل لن يفيد لأننا لا نعرف بدقة كافية لا موقع القمر ولا موقع النجوم المرجعية التي نبني على هديها، وحينما سمع الملك تشارلز الثاني بهذه الأنباء قرر أن بريطانيا، وهي بلد حرفته الملاحة البحرية، يتعين أن تتوافر لها المعلومات الضرورية التي تساعدها في الملاحة، وهكذا أصبح مشروع المرصد مشروعا للتاج، وتم تعيين فلامستيد «عالم أرصاد فلكي» بناء على أمر ملكي صادر في 4 مارس 1675 (أول عالم فلك ملكي) وأقيم المرصد الملكي له خصيصا للعمل عليه فوق تل غرينيتش (اختار رين الموقع)، وأقام فلامستيد هناك في يوليو 1676 كما انتخبته الجمعية الملكية زميلا في العام نفسه.

وفي العام 1675، شرع الطالب الجامعي إدموند هالي في مراسلة فلامستيد، مستهلا الكتابة بعرض بعض من مشاهداته الفلكية التي تختلف مع بعض الجداول المنشورة عن المعلومات الفلكية، ومشيرا إلى عدم دقة الجداول. وسأل فلامستيد إن كان له أن يؤكد النتائج التي توصل إليها هالي، وبدا الحديث في أذني فلامستيد نوعا من

الموسيقى، إذ أكد له أن تقنيات الرصد الجديدة بإمكانها تحسين وصف وتحديد مواقع النجوم، وأصبح الاثنان صديقين، وبدا هالي وكأنه مشروع يرعاه فلامستيد - هذا على الرغم من أنهما سيفترقان فيما بعد كما سوف نرى. وفي صيف هذا العام نفسه، زار هالي صديقه فلامستيد في لندن، وساعده في أعمال الرصد، بما في ذلك رصد خسوفين للقمر في 27 يونيو و21 ديسمبر، وبعد عمليتي الرصد هذه، كتب فلامستيد في محاضر الجلسات الفلسفية للجمعية الملكية أن «أدموند هالي، شاب موهوب من أكسفورد كان حاضرا أثناء عمليات الرصد هذه، وساعد بدقة واهتمام في كثير منها». ونشر هالي ثلاث أوراق بحث علمية في العام 1676، إحداها عن أفلاك الكواكب، وأخرى عن حجب القمر لكوكب المريخ، والذي تم رصده في 21 أغسطس من العام نفسه، والثالثة عن بقعة شمسية ضخمة تم رصدها في صيف العام 1676 (*). وبدا واضحا أنه نجم صاعد في مجال علم الفلك، لكن ما هو أفضل مكان يمكن أن يقدم فيه إسهاماته في الموضوع؟

كانت مهمة فلامستيد في المرصد الملكي الجديد هي عمل مسح دقيق للسماوات الشمالية، مستخدما رؤى تليسكوبية جديدة لتحسين دقة المواقع القديمة التي استخدمت ما يسمى المشاهد المكشوفة (وهي النظام الذي استخدمه تشيو)، حيث ينظر الراصد على امتداد قضيب مصوب تجاه النجم المختار، ويلاحظ في المواقع التلسكوبية أن الدقة البالغة للمستوى البؤري للتلسكوب تعطي دليلا أدق بكثير لموقع اصطفاف النجم على وجه الدقة والتحديد. ونظرا إلى أن هالي كان يتعجل تكوين اسم له وبناء مستقبل عملي، واتته فكرة عمل شيء، ما يماثل مسح فلامستيد للسماوات الجنوبية، لكن مع التركيز على أكثر من مائتي نجم سطوعا، بغية الوصول

(*) هذا حدث جدير بالاهتمام وقتذاك لأنه لم يتم في النصف الثاني من القرن السابع عشر سوى رصد عدد قليل جدا من البقع الشمسية. ويتوافق هذا مع فترة برد شديد في أوروبا ومعروفة باسم عصر الجليد الصغير. وكان البرد شديدا جدا على مدى فترات شتاء عديدة خصوصا 1684/1683 (وفق الوصف الذي رسمه جون إيفلين)، بحيث تجمد نهر التيمز، وأقيمت عليه مدن من الخيام تعرف باسم أسواق الثلج. ويكاد يكون من المؤكد وجود علاقة بين هدوء الشمس في هذه الفترة وبين البرد الشديد على كوكب الأرض.

إلى نتائج سريعة على نحو مقبول. ودعمه أبوه في فكرته، وقدم لهالي علاوة إضافية قدرها 300 جنيه إسترليني في السنة (ثلاثة أمثال راتب فلامستيد عالم الفلك الملكي)، ووعده أبوه أيضا بتحمل الكثير من نفقات الرحلة الاستكشافية، وأعرب كل من فلامستيد وسير جوناس مور المراقب العام لإنجاز الأمر الملكي عن تزكيتهما للاقتراح أمام الملك، وأمر الملك بأن يسافر هالي مجانا عن طريق شركة الهند الشرقية ومعه معداته وصديقه جيمس كلارك إلى جزيرة سانت هيلانة، إذ كانت الجزيرة وقتذاك أبعد الممتلكات البريطانية في الجنوب (حدث هذا قبل نحو 100 عام من تاريخ وصول جيمس كوك إلى خليج بوتاني، حيث رسا هناك العام 1770)، وأبحرا في نوفمبر العام 1676، وقد تجاوز هالي عيد ميلاده العشرين بقليل، وتخلى عن دراساته للحصول على الدرجة العلمية.

وحققت الرحلة الاستكشافية نجاحا علميا فائقا (على الرغم من الطقس السيئ الذي واجهه هالي وكلارك في جزيرة سانت هيلانة)، وهيأت لهالي، كما يبدو، فرصة لنوع من الحياة الاجتماعية. وأحاطت بهالي تلميحات عن أعمال جنسية غير لائقة في بداية حياة البلوغ. ونرجع هنا إلى جون أوبري (الذي عاش من 1626 حتى 1697 والذي عرف نيوتن مثلما عرف أيضا رجالا التقوا شكسبير، وإن كنا لا نثق دائما فيما قاله في هذا الشأن)، الذي يذكر في كتابه «حيوات قصيرة» أن زوجين بلا أطفال سافرا على متن السفينة نفسها مع هالي، ويضيف أوبري: «وحدث أن الزوجة قبل العودة من الجزيرة إلى أرض الوطن وضعت طفلا»، ويبدو أن هالي ذكر هذا الحدث باعتباره إحدى الفوائد الغريبة للرحلة البحرية، أو الهواء في جزيرة سانت هيلانة وأثر ذلك في الزوجين العقيمين، ويشير أوبري تلميحا إلى أن هالي هو أبو الطفل، وهذا بعض من الشائعات التي ظلت تلازم الشاب سنوات عديدة.

وعاد هالي إلى أرض الوطن في ربيع العام 1678، ونشر قائمته عن مواقع النجوم الجنوبية في نوفمبر من العام نفسه، وأطلق عليه فلامستيد كنية باسم «ليثو عالمنا الجنوبي»، وانتخبته الجمعية الملكية زميلا بها في 30 نوفمبر.

ومثلما وضع هالي قوائم مواقع النجوم، رصد أيضا عبور عطارد قبالة الشمس وقتما كان في جزيرة سانت هيلانة. وهيأ هذا من حيث المبدأ طريقة لحساب المسافة الفاصلة بيننا وبين الشمس عن طريق تغيير في فكرة اختلاف المنظر. بيد أن هذه الأرصاد الباكرة لم تكن بالدقة الكافية لكي تضمن نتائج محددة ونهائية. ومع هذا وضع هالي البذرة التي سوف تثمر بعد وقت ليس بطويل. وفي الثالث من ديسمبر وبناء على «توصية» الملك، تم منح هالي درجة الماجستير (بعد أن أصبح زميلا للجمعية الملكية)، على الرغم من أنه لم يف بالشروط الرسمية للحصول على الدرجة. وهكذا، أصبح الآن عضوا على قدم المساواة ضمن الفريق الذي يضم بويل وهوك وفلامستيد ورين وبيبيس (كان نيوتن لايزال متقوقعا في قوقعته في كيمبريدج). وهيأوا جميعا المهمة له.

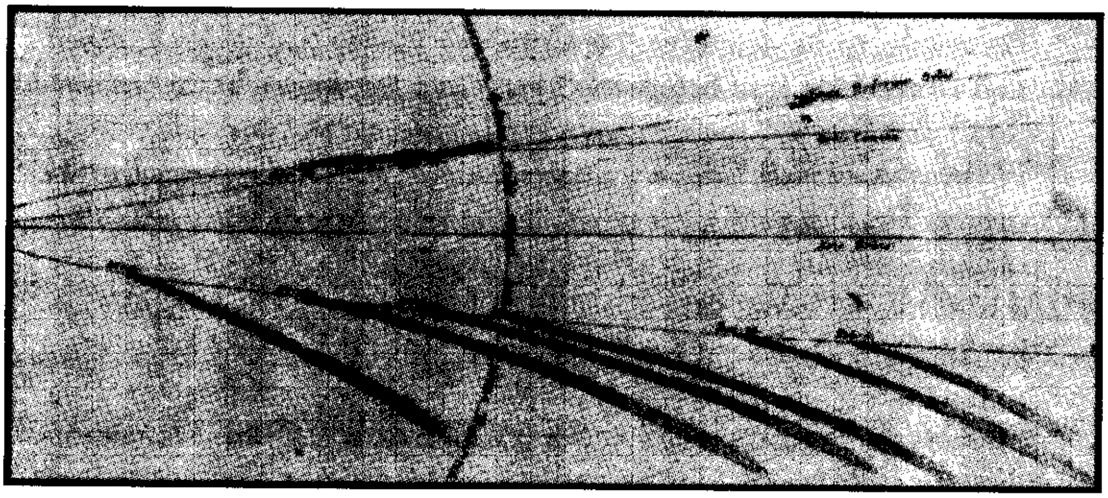


16 - هيفيليوس يحسب مواقع النجوم مستخدما سدسية. المصدر: كتاب «هيفيليوس» (إله السماوات)، 1673
Hevelius; Machina Coelestis, 1673.

نظـــرا إلى أهميته المحتملة في الملاحـــة، كان كل ما له علاقة بمعرفة مواقع النجوم بدقة يمثل أهمية رئيســـية في أواخر القرن الســـابع عشر، تجاريا وعســـكريا، وتمثل البرنامج الرئيســـي للرصد في سبعينيات القرن السابع عشر في صورة محاولة لتحسين وصف تيشو لمواقع النجوم، وتولى مهمة إنجاز البرنامج في دانزغ (الآن دانســـك) عالم فلك ألماني أصر على استخدام نظام المشـــاهدة المفتوحة التقليدي الذي اتبعه تيشو نفسه، وإن كان قد تم تحديثه بتكلفة ضخمة لتزويده بمعدات جديدة، وهو ما تســـبب فـــي إحباط معاصريه، خاصة هوك وفلامســـتيد. جديـــر بالذكر أن هذا الفلكي صاحب النظرة الماضوية مولود العام 1611، مما يفســـر لنا موقفه الذي عفى عليه الزمن، واســـمه في التعميد يوهان هوفيلك، لكن الصيغة اللاتينية للاسم هي يوهانس هيفيليوس. وناشده هوك في رسالة استهلها في العام 1668 التحول إلى المشاهد التلسكوبية، غير أن هيفيليوس أصر على الرفض بعناد، زاعما أنه يســـتطيع عمل الشيء نفسه بنظام المشاهد المفتوحة، وحقيقة الأمر أن هيفيليوس بطبيعته يتصف بالصرامة والجمود، ومن ثم رفـــض التغيير، فضلا عن فقدان ثقته في كل المناهج العســـكرية المستحدثة. وهكذا كان أشـــبه بامرئ يصر على استخدام آلة كاتبة يدوية من طراز قديم، حتى إذا توافر له حاسوب حديث لمعالجة الكلمات.

جدير بالإشـــارة أن إحدى القسمات الرئيسية المميزة لوصف هالي لمواقـــع النجوم في الجنـــوب (والذي أنجـــزه بطبيعة الحال بواســـطة التلســـكوب)، أنه تداخل مع مناطق في الســـماء سبق أن مسحها تيشو. معنى هـــذا أن هالي رصد بعض النجوم التي رصدها تيشـــو، غير أنه اســـتطاع أن يوفق بين مقاييســـه ومقاييس السماء الشمالية، حيث كان هيفيليوس في الوقت نفســـه (وفق تقديـــره الخاص) عاكفا على إدخال تحســـينات على معلومات تيشو. وكتب هيفيليوس رسالة إلى فلامستيد في نهاية العام 1678 يســـأله النظر في معلومات هالي، ورأت الجمعية الملكية في ذلـــك فرصة لمراجعة مزاعم هيفيليوس. وأرســـل هالي إلى هيفيليوس نســـخة من الوصف الجنوبي لمواقع النجوم، وقال إنه يسعده اســـتخدام المعلومات الجديـــدة الواردة من هيفيليـــوس بدلا من مواقع

النجـــوم التـــي حددهـــا تيشـــو، وذلـــك لعمل صلة بين الســـماء جنوبا وشـــمالا، بيـــد أنه يود بطبيعة الحـــال أن يزور دانزيـــغ ليتأكد من دقة المشاهدات الجديدة.



17 - رسم تخطيطي وضعه نيوتن لمدار المذنب الذي شوهد العام 1680

وهكـــذا تهيأ هالي في ربيع العـــام 1679 ليبدأ رحلته كي يرى إذا ما كانـــت مزاعم هيفيليـــوس، البالغ من العمر 68 عاما، عـــن دقة المعلومات لهـــا ما يبررهـــا أم لا، وإن بدت غير موضع تصديـــق. أيد هالي في بداية الأمر أقوال هيفيليوس، وأرسل رســـالة تفيد بأن المواقع التي حددها بناء على نظام المشـــاهد المفتوحة صحيحة كما قال، ولكن بعد عودة هالي إلى إنجلتـــرا، غير من نغمة الحديث وقال إن المشـــاهدات التلســـكوبية أفضل كثيرا. وزعم هالي بعد ذلك أنه أراد التزام اللباقة في مواجهة هيفيليوس، ولـــم يشـــأ أن يعجل بموت رجل محترم حاد الطبـــع وقد أصبح كهلا. لكن الحقيقة أن هيفيليوس امتد به العمر تســـع سنوات أخرى، بما يعني أنه لم يكن الإنســـان الضعيف الذي رآه هالي. ومع ذلك ترددت ثرثرات وقتذاك تشير إلى أن القصة لاتزال ناقصة.

توفيـــت زوجة هيفيليوس الأولى العام 1662 وتزوج العام 1663 بفتاة جميلة في السادســـة عشـــرة من العمر اســـمها إليزابيثا. وحين زار هالي مدينـــة دانزغ كان هيفيليوس في الثامنة والســـتين من العمـــر، بينما تبلغ إليزابيثا 32 ربيعا. بدا هالي شـــابا أنيقا في الثانية والعشرين من العمر، وله ســـجل حافل من أعمال الطيش الجنســـي، وربما لم يكن هنالك شبهة

على الإطلاق مما رددته الشائعات بشكل حتمي عقب عودة هالي إلى بريطانيا، وربما أيضا كان هناك تفسير له قدر من الاحترام يفسر واقعة أنه عندما وصلت إلى لندن أنباء في فترة متأخرة من هذا العام تفيد كذبا بوفاة هيفيليوس، كان رد فعل هالي الفوري هو أن يرسل إلى الأرملة المحتملة هدية عبارة عن ثوب حريري غالي الثمن (كلفة الثوب تبلغ ثلاثة أمثال الراتب الأسبوعي لعالم الفلك الملكي، وراتب أسبوع لهالي). غير أن نوع السلوك الذي جعل مثل هذه الشائعات قابلة للتصديق ساعد على خلق صدع في العلاقة بين فلامستيد (وهو شخص رصين وملتزم) وهالي. وبدا مؤكدا أن سلوك هالي ودعمه في البداية لمزاعم غير حقيقية عن هيفيليوس لم يصادف قبولا من معلمه.

وليست القضية آنذاك حرص هالي الشديد على احتمالات المستقبل بالنسبة إلى عمله في الفلك. إذ إنه أنجز الكثير في وقت سريع، وأصبح مثل أحد نجوم البوب بعد موجة النجاح الأولى التي شعر معها بالرضا، وجلس وسط إكليل الغار، واستثمر على أفضل وجه أمواله (أو لنقل أموال أبيه). ونلحظ أنه عقب عودته من دانزغ، قضى أكثر من العام ليستمتع بوقته أساسا ويحضر اجتماعات الجمعية الملكية من دون أن يسهم بشيء، هذا علاوة على زيارة أكسفورد والتسكع في المقاهي المبتدعة حديثا، التي تشبه في أيامنا الآن الحانات التي تساير موضة العصر (وكان يفضل بشكل خاص مقهى جوناثان في حي تشينغ آلي). لكن مع نهاية هذه الفترة دخل موضوع المذنبات حياة هالي لأول مرة، وإن كان في البداية بأسلوب هادئ متواضع.

وفي شتاء 1681/1680، ظهر في السماء مذنب ساطع يمكن رؤيته بوضوح. شوهد للمرة الأولى في نوفمبر 1680 يتحرك تجاه الشمس قبل أن يختفي في وهج الشمس، وعاد إلى الظهور ثانية مبتعدا عن الشمس بعد فترة وجيزة، حتى ساد الظن أول الأمر أنهما مذنبان مستقلان. وكان فلامستيد أول من قال إن الظاهرة المرئية هي في الحقيقة جرم سماوي واحد وأن الشمس دفعته بعيدا بقوة شيء يمكن وصفه بتأثير مغناطيسي. كان جرما ساطعا شديد الوضوح في السماء ليلا، بحيث تسهل رؤيته في

شـــوارع لندن وباريس، وهو الأشد سطوعا دون كل المذنبات التي شهدها أي مـــن الأحياء في ذلك الوقت. وعندما ظهـــر لأول مرة كان هالي يتهيأ كشاب ثري من أبناء السادة للقيام برحلة سياحية إلى أوروبا برفقة روبرت نيلسون، صديق الدراسة. وسـافرا إلى باريس في ديسمبر (ووصلا ليلة عيد الميلاد)، وشاهدا الظهور الثاني للمذنب وهما في القارة. ووجد هالي خلال سفرياته عبر فرنسا وإيطاليا فرصة لمناقشة موضوع المذنب (وغيره مـــن موضوعات فلكيـــة) مع علماء آخرين، بمن فيهم جيوفاني كاســـيني. وبقـــي روبرت نيلســـون في روما، حيـــث وقع في حب فتـــاة (ثم تزوجها) وهي ابنة إيرل بيركلي (وهو الشـــخص الذي هيأ ملاذا لهوك لحمايته من الطاعون). وعاد هالي إلى إنجلترا عن طريق هولندا وباريس ربما ليتجنب الرحلة العادية المسماة الرحلة السياحية الكبرى التي تروق الهواة. ويقول أوبـــري بنـــص كلماته إنه منذ عودته إلى لندن فـــي 24 يناير 1682، كان قد «أســـس علاقة تعارف وصداقة مع كل علماء الرياضيات البارزين في فرنسا وإيطاليا».

وقضى هالي ما يزيد على العام بقليل في الخارج، وهي فترة أقل مما تستغرقه الرحلة الســـياحية الكبرى في تلك الأيام، ولعله سارع بالعودة لأن أبـــاه تزوج ثانية في تلك الفترة تقريبا، وإن كنا لا نعرف بدقة تاريخ الزفاف. وهذا مؤشـــر على ضآلة ما نعرفه عن حياة هالي الشخصية، حتـــى أن حفل زفافه هو، الـــذي انعقد في 20 أبريـــل 1682، عرفناه من مصدر ليس في الحســـبان كما تقضي السجلات التاريخية. ونحن نعـــرف أن زوجة هالي هي ماري توك، وأن عقد الزواج تم في كنيســـة ســـانت جيمس في ميدان ديوك في لندن. وظل الزوجان معا (سعيدين فيما يبدو) خمســـين عاما، وأنجبا ثلاثة أطفال، ونعرف أن أدموند وهو الأصغر مولود العام 1698، وأصبح جراحا في الأســـطول، وتوفي قبل وفاة أبيه بعامين. وأن بنتين ولدتا في العام نفســـه 1688 وإن لم تكونا توأمتـــين، مارغريت بقيت عزباء، لكن كاثرين تزوجت مرتين، وربما كان هناك أطفال آخرون ماتوا في سن الرضاعة. وهذا هو موضوعيا كل ما نعرفه عن عائلة هالي.

عاش هالي بعد زواجه في اسلنغتون، وأجرى على مدى العامين التاليين عمليات رصد دقيقة وتفصيلية للقمر بهدف توفير المعلومات المرجعية الجوهرية الخاصة بالطريقة القمرية لتحديد خطوط الطول السماوية. وهذه الطريقة تستلزم عمل أرصاد دقيقة على مدى نحو 18 عاما، وهي الفترة اللازمة لكي يكمل القمر دورة كاملة في جولاته قبالة النجوم التي تمثل الخلفية له. ولكن في العام 1684، ارتبكت كل أمور هالي بسبب وفاة أبيه، وتخلى عن المشروع سنوات طويلة، حيث أضحت الأسبقية لمهام أخرى.

وحدث أن أبا هالي خرج من منزله للتنزه يوم الأربعاء الخامس من شهر مارس 1684 ولم يعد إلى بيته. وتم العثور على جثته عارية في نهر قرب روشستر بعد خمسة أيام. ويفيد التصريح الرسمي بأن الحادث جريمة قتل، ولكن لم تعثر السلطات على القاتل، غير أن الدليل يتفق أيضا مع القول بالانتحار. وتوفي أبو هالي من دون أن يترك وصية، وقد تضاءلت ثروته كثيرا بسبب إسراف زوجته الثانية. وأثيرت معركة شرعية باهظة التكلفة بين هالي وزوجة الأب بشأن الأملاك العقارية. ولم يجد هالي نفسه يقينا ضحية حالة من الفقر المذل بسبب هذه الأحداث - إذ كانت له أملاكه الخاصة، كما أن زوجته قدمت مهرا جيدا. غير أن ظروفه تغيرت كثيرا حتى أنه في يناير 1686، اضطر إلى التخلي عن زمالته في الجمعية الملكية لكي يعمل كاتبا بأجر في الجمعية - إذ تقضي القواعد المعمول بها أن المستخدمين الذين يعملون بأجر في الجمعية لا يمكن اعتبارهم زملاء. ولكن مجرد الحاجة إلى المال - حتى وإن كان في فترة مؤقتة - شجعت على أن تسير الأمور على هذا النحو.

ومثلما كانت حياة هالي الخاصة، كذلك العالم الأوروبي كان في حالة من الفوضى والاضطراب في منتصف العقد التاسع من القرن السابع عشر. ففي فرنسا تم إلغاء مرسوم نانتيس في العام 1685، بينما القوات التركية تقف على مداخل فيينا وبودابست وبلغراد. ومات تشارلز الثاني في إنجلترا، وخلفه أخوه الكاثوليكي جيمس الثاني. وبينما كانت الأمور تسير في اطراد على هذا النحو أصبح هالي متورطا فيما نعتبره الآن أهم إصدارات في تاريخ العلم وهو كتاب اسحق نيوتن «المبادئ» (Principia).

وعودة إلى يناير 1684، كان هالي، بعد اجتماع في الجمعية الملكية، مشاركا في محادثة مع كرستوفر رين وروبرت هوك عن مدارات الكواكب. وكانت فكرة قانون التربيع العكسي للجاذبية الماثلة وراء مدارات الكواكب ليست بالفكرة الجديدة، حتى في تلك الفترة - إذ إنها تعود على الأقل إلى العام 1673، عندما حسب كرستيان هوجنز القوة الطاردة المركزية لجرم يتحرك في مدار دائري، كما سوف نرى خلال رسائل مع نيوتن بعد العام 1674. وناقش رين أيضا هذه الأفكار مع نيوتن في العام 1677 ووافق الزملاء الثلاثة على أن قوانين الحركة عند كيبلر تضمنت أن قوة الطرد المركزية «الدافعة» للكواكب بعيدا عن الشمس لا بد أن تكون متناسبة عكسيا مع مربع مسافة كل منها من حيث بعدها عن الشمس وإنه لذلك، ولكي تبقى الكواكب في مداراتها، لا بد أن تجذبها الشمس بقوة معادلة تبطل أثر قوة الطرد المركزية.

لكن هل كانت هذه نتيجة حتمية لازمة عن قانون التربيع العكسي؟ هل مثل هذا القانون يقضي وعلى نحو فريد بأن الكواكب لا بد أن تلزم مدارات إهليليجية الشكل؟ وطبيعي أن إثبات ذلك رياضيا كان عملية صعبة على نحو مروع مع استخدام التقنيات التقليدية المتاحة لهم، وراودت هالي ورين رغبة في التسليم بأن المهمة تتجاوز قدراتهما. ومع هذا قال هوك للاثنين الآخرين أن بوسعه استنتاج جميع قوانين حركة الكواكب انطلاقا من فرض قانون التربيع العكسي. وتشكك الآخرون، وعرض رين اقتراحات أن يعطي هوك كتابا يساوي 40 شلنا إذا ما استطاع الوصول إلى برهان خلال شهرين.

أخفق هوك في الوصول إلى برهان، وانحرف الجدل عن طريقه، بينما كان هالي عاكفا على مهمة معقدة هي فرز ومراجعة شؤون أبيه بعد جريمة القتل (أو الانتحار). وربما ارتبط هذا بزيارة هالي لبعض أقاربه في بيتربورو في صيف العام 1684، وهذه بدورها ربما يكون السبب وراء زيارته لنيوتن في كيمبريدج في أغسطس من العام نفسه - لأنه كان في المنطقة على أي حال. ولا نملك دليلا على أن هذه

زيارة رسمية باسم الجمعية الملكية (على الرغم من الأساطير التي تواترت عن ذلك). لكن ثمة دليلا عرضيا فقط يفيد بأن هالي قام بالزيارة لأنه داخل المنطقة لإنجاز شأن عائلي. لكنه يقينا راسل نيوتن بشأن المذنب، وربما التقاه في العام 1682، لذلك فإنه أمر طبيعي أن يستغل الفرصة لزيارة كيمبريدج حين تهيأت له. وأيا كان الأمر، فليس ثمة شك في أنه حين زار هالي نيوتن تناقشا معا في موضوع مدارات الكواكب وقانون التربيع العكسي. وأخبر نيوتن فيما بعد صديقه عالم الرياضيات أبراهام دو موافر (فرنسي لاجئ من الهوغونوت) ما حدث بالدقة إذ قال:

> في العام 1684 حضر د. هالي لزيارته في كيمبريدج. وبعد أن بقيا معا لفترة سأله الدكتور عن رأيه في شكل المنحنى لمسار الكواكب مع افتراض أن قوة الجذب في اتجاه الشمس تكون في وضع عكسي مقابل مربع مسافة بعد الكواكب عنها. وأجاب سير إسحق على الفور إنه سيكون على شكل إهليليجي، طار الدكتور من الفرحة والذهول وسأله كيف عرف ذلك. فقال له لماذا، لقد حسبتها. وعندئذ رجاه دكتور هالي أن يطلعه على حسابها من دون تأخير، وتفحص سير إسحق أوراقه ولم يجدها، بيد أنه وعده بأن يعيد حسابها من ثانية ويرسلها إليه (*).

وهذا هو اللقاء الذي حفز نيوتن على تأليف كتابه «المبادئ»، مؤكدا صورته كأعظم عالم ظهر على وجه الأرض. غير أن جل ما عرضه في هذا الكتاب هو أعمال أنجزها قبل ذلك بسنوات، واحتفظ بها سرا بعيدا عن أعين العامة إلى حين ذلك اللقاء السعيد في كيمبريدج العام 1684، وقد يبدو عسيرا فهم ذلك اليوم حيث العلماء شغوفون إلى دفع أفكارهم إلى المطبعة وتأكيد أسبقيتهم، ولكننا إذا تطلعنا إلى خلفية نيوتن ونشأته سندرك أن نزوعه إلى الكتمان ليس مستغربا.

(*) من مخطوطة في مجموعة جوزيف هال شافنر، مكتبة جامعة شيكاغو.

حياة نيوتن الباكرة

إسحق نيوتن، من جهة الأب، سليل أسرة زراعية بدأت بالكاد حياة موسرة من حيث الوضع المادي، ولكنها تفتقر إلى أي ادعاء خاص بإنجاز فكري. وولد جده روبرت نيوتن نحو 1570 وورث مزرعة وولستروب في لنكنشاير. وحقق ثروة كبيرة من زراعاته، حتى أنه استطاع شراء عزبة وولستروب في العام 1623، وحصل بذلك على لقب لورد أوف ذي مانور. وعلى الرغم من أن هذا ليس بالأمر المثير كما يبدو صداه في آذان المحدثين، فإنه يعد خطوة مميزة على طريق صعود السلم الاجتماعي لأسرة نيوتن، وربما يمثل أيضا عاملا مهما تمكن بفضله إسحق (المولود 1606) ابن روبرت من أن يتزوج هانا أيسكوف، ابنة جيمس أيسكوف، والذي تصفه روايات عصره بالسيد «جنتلمان». وانعقدت الخطبة في العام 1639، وجعل روبرت ابنه إسحق وريثه في كل أملاكه، بما في ذلك امتلاك المزرعة ولقبها، وأحضرت هانا لزواجها مهرا على شكل أملاك عقارية تغل سنويا 50 جنيها إسترلينيا. ولم يتعلم لا الأب روبرت نيوتن ولا الابن إسحق القراءة والكتابة، ولكن أخا هانا، واسمه وليام، كان خريجا متخرجا في جامعة كيمبريدج، وكاهنا يحظى بالحياة في قرية بورتون كوغلز المجاورة. وانعقد الزواج بين إسحق وهانا في العام 1642 بعد وفاة روبرت نيوتن بستة أشهر، وبعد ستة أشهر من الزفاف مات أيضا إسحق تاركا هانا حاملة طفلا ولدته يوم عيد الميلاد، وعمدته باسم إسحق، على اسم أبيه الراحل.

ولحظت روايات شعبية كبيرة مصادفة توافق سنة ميلاد إسحق نيوتن 1642 مع السنة نفسها التي مات فيها غاليليو. ولكنها مصادفة بنيت على خدعة - استخدام تاريخين من تقويمين مختلفين - إذ مات غاليليو يوم 8 يناير 1642 وفق التقويم الغريغوري، الذي تم تطبيقه بالفعل في إيطاليا وفي غيرها من الأقطار الكاثوليكية، هذا بينما إسحق نيوتن مولود يوم 25 ديسمبر العام 1642 وفق التقويم الجولياني، الذي لايزال مستخدما في إنجلترا وغيرها من البلدان البروتستانتية. ووفق التقويم الغريغوري الذي نستخدمه الآن يكون ميلاد إسحق نيوتن في 4 يناير من العام 1643، بينما تاريخ وفاة غاليليو وفق التقويم الجولياني في نهاية العام 1641، وأيا كان

الأمر فإن الحدثين لم يقعا في العام نفسه من تقويم واحد. ولكن ثمة توافقا مهمـا وأصيلا بالمثل حين نعتبر يوم ميلاد نيوتن 4 يناير 1643، في اتسـاق مـع تقويمنا الحديث. إذ في هذه الحالة يكون ميـلاده بعد مائة عام بالتمام والكمال من تاريخ نشـر كتـاب De Revolutionibus، مما يوضح لنا بجلاء مدى سرعة تقدم العلم ورسوخه منذ أن أصبح جزءا لا يتجزأ من النهضة.

وعلـى الرغم من أن الحرب الأهلية الإنجليزية أفسـدت حياة الكثيرين، كما سـبق أن رأينا، فإنها وعلى مدى السنوات القليلة التالية تجاوزت المناطق الراكدة في لنكنشاير، وظل إسحق نيوتن وعلى مدى ثلاث سنوات ينعم برعاية أمـه المترملة التي نذرت حياتها لـه. ولكن في العام 1645، حين كبر وأصبح بوسـعه تقدير هذا منها، تزوجت ثانية وأرسلته للعيش مع جدته لأمه. وهكذا انفصل على نحو شبه تام عن ذراعي الأم، وغرق في ظروف حياة أكثر قسوة وهو لايزال في سـن غضة، وقد أثر هذا فيه وعلى مدى الحياة، على الرغم من أنه لم يعان من أي قسوة مقصودة. إذ كانت هانا إنسانة عملية.

وشـأن أغلبية الزيجات بين أسر السادة وقتذاك (بمن فيهم زيجة هانا الأولـى)، كانت الزيجة الثانية أشـبه بعلاقة عمل أكثـر منها زيجة حب. وكان زوج هانا الجديد أرملا في الثالثة والسـتين من العمر ويدعى بارنابا سـميث، أحس بالحاجة إلى شريكة جديدة واختار هانا من بين مرشحات أخريات (إذ كان راعي كنيسة نورث ويثام، على بعد أقل من ثلاثة كيلومترات من وولسـتروب). وتضمن الجانب الاقتصادي لترتيبـات الزواج أن يقدم راعي الكنيسة للفتى إسحق نيوتن أرضا، شريطة أن يعيش بعيدا عن بيت الزوجين وذهبت هانا إلى نورث ويتام، حيث حملت في بنتين وابن، قبل أن يموت بارنابا سميث في العام 1653، وهكذا قضى إسحق ثماني سنوات، هي سـنوات التكوين، كطفل وحيـدا منعزلا في رعاية جديه الكهلين (وقد تزوجا في العام 1609، فلا بد وأن كبرا وبلغا سن زوج هانا الجديد). وقد كانا على ما يبدو ملتزمين صارمين، وإن أحسا بحب خاص نحوه.

وهنا يبـدو واضحا بما فيه الكفاية الجانب السـيئ في حياته والذي كان له أثره في نمو إسـحق كفرد انعزالي منطوٍ على نفسـه ومحوره ذاته ولم يكن له سـوى عدد قليل من الأصدقاء المقربين. لكن الجانب الإيجابي

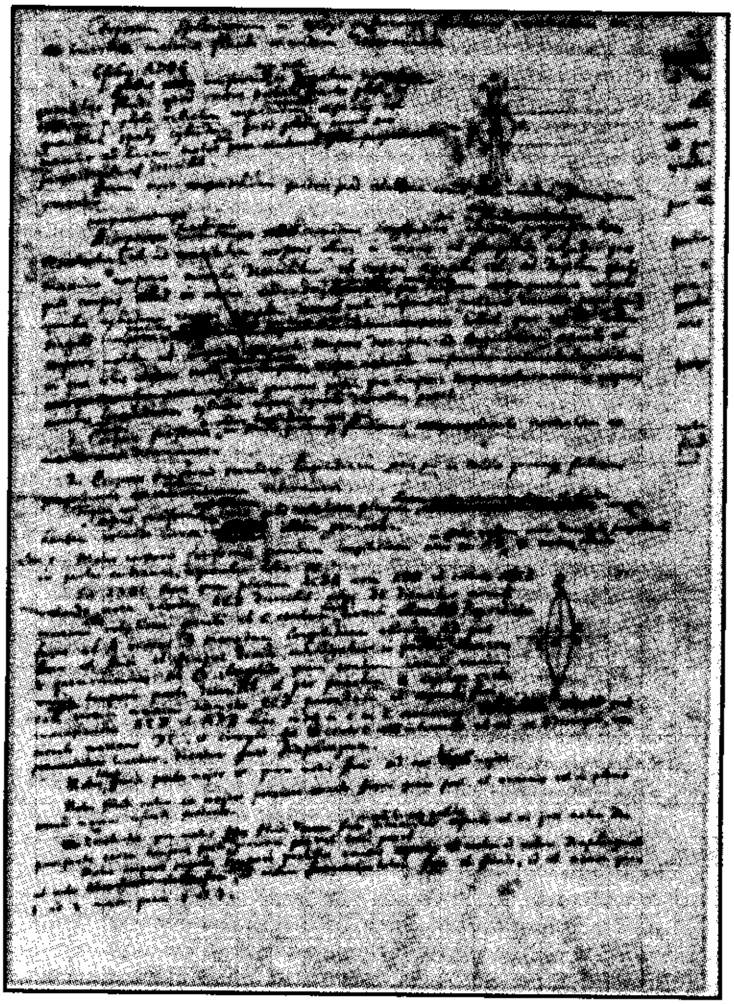
أنه تعلم (*). ولو قدر لأبيه أن يمتد به العمر لسار إسحق نيوتن على وجه القطع واليقين على خطى أبيه وعمل مزارعا، لكن كان طبيعيا أن يرسل جداه من أسرة أيسكوف الصبي إلى المدرسة (ويراود المرء شك في أن السبب إلى حد بعيد هو التخلص منه). لكن البذرة كانت قد تم غرسها، على الرغم من عودة إسحق إلى بيت أمه في العام 1659 وهو في العاشرة من العمر، وبعد أن ترملت للمرة الثانية. وأرسلته الأسرة وهو في الثانية عشرة إلى مدرسة ابتدائية في غرانثام على بعد ثمانية كيلو مترات من وولثروب. وسكن هناك مع أسرة صيدلي يدعى السيد كلارك، وزوجته التي لها أخ اسمه همفرى بابنغتون. وكان همفري بابنغتون زميلا لكلية ترينتي في كيمبريدج، لكنه اعتاد أن يقضي أكثر وقته في بوثباي باغنال قرب غرانثام، حيث كان راعيا في الكنيسة.

وعلى الرغم من أن إسحاق بدا وحيدا في المدرسة، فقد كان تلميذا متميزا، وكشف عن قدرة غير عادية كصانع نماذج (مما يذكرنا بمهارات هوك)، وتكوين أجهزة (أكثر من مجرد لعب) كنموذج عملي لطاحونة وطائرة ورقية تحلق في الهواء ليلا مزودة بمصباح ورقي. وتلقى تعليما حسنا (أغلبه كلاسيكيات ولغة لاتينية ولغة يونانية). لكن أمه مع هذا ظلت يراودها الأمل في أن يدير مزرعة الأسرة بعد أن يصبح في سن ملائمة لهذه المهمة. وفي العام 1659 أخرجته أمه من المدرسة ليتعلم (على أساس من الخبرة العملية) كيف يدير شؤون الأرض. وثبت أن هذا كارثة. إذ نظرا إلى أن نيوتن مهتم بالكتب التي يحملها معه ليقرأها في المزرعة أكثر من اهتمامه بالماشية، فقد تم تغريمه مرات عديدة غرامات مالية بسبب تركه الحيوانات تدمر محاصيل المزارعين من حوله. ورويت حكايات كثيرة عن نسيانه لمهامه الزراعية، وهي حكايات أضيفت إليها مع السنين إضافات لتجميلها. وأكد إسحق (ربما عمدا إلى حد كبير) عدم أهليته في هذا المجال. وهنا كان وليام، أخو هانا، وهو خريج كيمبريدج، يحاول إقناع هانا

(*) وعلى المدى الأطول أفاد من حيث الأمان المالي في حياته، إذ ورث عن أمه أملاك أبيه، وأيضا حصة من أملاك بارنابا سميث، وهي كبيرة، وبعضا من أملاك هانا التي ورثتها عن أبويها. ولم يكن ثمة ما يدعو إسحق نيوتن إلى القلق ماليا بعد بلوغه الحادية والعشرين من العمر، وورث عائد الأرض التي آلت إليه عن طريق برنابا سميث كجزء من عقد الزواج بهانا.

أن تـــدع الفتى يتبع ميوله الطبيعية ليلتحق بالجامعة. وهكذا تزامن إلحاح الأخ والفوضى التي أثارها إسحق في مزرعتها مما أدى إلى اقتناعها على مضض بالموقف، وعاد إســحق إلى المدرسة ثانية العام 1660 (سنة عودة الملكية) ليعد نفســه للالتحاق بكيمبريدج. وعاد إلى مكانه في كلية ترينتي فـــي 8 يوليو 1661 بناء علـــى نصيحة همفري بابنغتـــون، وبفضل نفوذه يقينا، كان وقتذاك في الثامنة عشـــرة من العمر - وهي السن التي يلتحق فيها شـــباب اليوم بالجامعة - ولكنه أكبر سنا من أغلبية من التحقوا معه بجامعة كيمبريدج في ستينيات القرن السابع عشر. إذ كان المعتاد وقتذاك الالتحاق بالجامعة في سن 14 أو 15، ويكون الطالب بصحبة خادم له.

ونظرا إلى أن إســـحق ليس معه خادم يخدمه، فقد كان عليه أن يخدم نفسه. إذ لم تكن أمه لتنفق أكثر من الحد الأدنى على أمر لا تزال تعتبره إســـرافا ومضيعة للمال، وخصصت لإسحق راتبا لا يزيد على 10 جنيهات إســـترلينية ســـنويا، على الرغم من أن دخلها الخـــاص وقتذاك يزيد على 700 إســـترليني ســـنويا. وكان خادم الطالب في ذلك الوقت يشعر باستياء شـــديد، إذ إنه ملزم بأداء أعمال مثل إخلاء غرفة السيد من الأوعية. هذا فضلا عن مالها من أصداء اجتماعية ســـلبية. لكـــن نيوتن كان محظوظا هنا (أو مخادعا)، إذ كان رســـميا الطالب المختص بهمفري باينغتون. لكن باينغتـــون نادرا ما يحضر إلى الكلية، فضلا عن أنه صديق لا يتشـــدد في علاقة الســـيد - الخادم مع إســـحق. بيد أنه وعلى الرغم من ذلك، وربما بسبب مكانته المتدنية، وكذلك بسبب طبيعته الانطوائية يقينا قضى نيوتن، فيما يبدو، فترة بائسة في كيمبريدج حتى مطلع العام 1663 وقتما التقى نيقـــولا ويكينز ثم أصبحا صديقين فيما بعد. ولم يكن أي منهما ســـعيدا برفاق غرفته، وقررا أن يشـــتركا في غرفة معا وهو ما فعلاه بأسلوب بالغ المودة إلى أقصى حد، وعلى مدى العشـــرين سنة التالية. وبدا مرجحا أن نيوتـــن كان مثليـــا، إذ كانت علاقاته الوثيقة مع رجـــال فقط، وإن لم نجد دليـــلا على أن هذه العلاقات جســـدية (كذلك لا يوجـــد دليل على أنها لم تكن كذلك). وهذا لا أهمية له بالنسبة إلى أعماله العلمية ولكن قد يزودنا بمفتاح آخر لفهم طبيعته الكتومة.



18 - صفحة من كتاب نيوتن

وبدأت الحياة العلمية طريقها إلى الانطلاق فور أن قرر نيوتن بحزم إغفال المقرر الدراسي في كيمبريدج بشكله المعهود، وشرع يقرأ ما يريد (بما في ذلك أعمال غاليليو وديكارت). جدير بالذكر أن كيمبريدج في ستينيات القرن السابع عشر لم تكن مركزا للتميز الأكاديمي. وإذا ما قورنت بجامعة أكسفورد، بدت لنا راكدة، ولم تستفد، مثلما استفادت أكسفورد من أي اتصال وثيق بتطويرات غريشام. إذ كان لايزال أرسطو محور الدراسة التي تعتمد على التلقين والاستظهار، وكان الشيء الوحيد الذي تميز به التعليم في كيمبريدج هو تأهيل أي شخص ليكون قسيسا متميزا أو طبيبا رديئا. لكن أول بادرة للتحسن وللدلالة على مستقبلها تحققت العام 1663، عندما رصد هنري لوكاس وقفا لكرسي أستاذية الرياضيات في كمبريدج - وهذه أول أستاذية في الجامعة (وأول كرسي

جديد من أي نوع منذ العام 1540). وكان إسحق بارو هو أول من شغل كرسي لوكاس للرياضيات، وهو أستاذ لغة يونانية سابقا (وهو ما يعطينا فكرة عن حالة العلم في جامعة كيمبريدج وقتذاك). وتميز التعيين بدلالتين مهمتين، أولا لأن بارو كان يدرس بعضا من الرياضيات (وربما كان لأول برنامج لمحاضراته العام 1664 تأثير واضح في إثارة اهتمام نيوتن بالعلم)، ثانيا، كما سبق أن رأينا، بسبب ما حدث حين استقال من منصبه بعد خمس سنوات.

وحسب رواية نيوتن نفسه فيما بعد، فإنه أنجز خلال هذه السنوات الخمس، من 1663 وحتى 1668، غالبية الأعمال التي يشتهر بها الآن. وسبق لي أن ناقشت أعماله في مجال الضوء واللون، والتي أفضت إلى العراك الصاخب بينه وبين هوك. لكن ثمة عملين آخرين يلزم وضعهما في سياقهما - اختراع نيوتن للتقنيات الرياضية المعروفة الآن باسم حساب التفاضل والتكامل، وأعماله في مجال الجاذبية التي قادته إلى كتاب «المبادئ».

وأيا كان الحافز الحقيقي، فإن من المعروف أنه ابتداء من العام 1664 كان نيوتن باحثا (وإن بدا غير تقليدي) شغوفا بأن يطيل فترة إقامته في كيمبريدج. وسبيله إلى هذا هو أولا الفوز بإحدى المنح الدراسية القليلة المتاحة للطالب الجامعي، ثم الفوز بعد بضع سنوات بانتخابه زميلا للكلية. وفي أبريل 1664، حقق نيوتن الخطوة الأولى وفاز بمنحة دراسية على الرغم من إخفاقه في الالتزام بالمنهج المقرر للدراسة، وإن بدا أن السبب يقينا هو تأثير همفري بابنغتون، الذي أصبح عضوا في مستوى أعلى بالكلية. وهيأت له المنحة الدراسية دخلا ضئيلا يفي بالاستمرار وأزالت عنه وصمة عار كونه خادما، فضلا عن أنها تعني أن بوسعه وعلى نحو تلقائي بعد حصوله على درجة البكالوريوس في يناير 1665 أن يبقى في مقر الإقامة يدرس ما يشاء، إلى أن حصل على درجة الماجستير في العام 1668 (والمعروف آنذاك أن من المستحيل على طالب كيمبريدج الحصول على درجة علمية ما لم يختر، شأنه شأن طلاب كثيرين، المغادرة في موعد مبكر).

استحداث حساب التفاضل والتكامل

كان نيوتن شخصية مهووسة ترمي بنفسها روحا وجسدا في أي مشروع بين يديه. إذ ربما ينسى الأكل أو النوم عندما يكون مستغرقا في دراسة، أو عاكفا على إنجاز تجربة، حتى إنه بالفعل أجرى بعض تجارب مؤذية على نفسه أثناء دراسته للبصريات، إذ كان يقضي وقتا طويلا محدقا في الشمس، حتى كاد أن يعمى، أو يدعك عينيه بمخرز (إبرة عريضة غير حادة ذات عين كبيرة) لدراسة الصورة الملونة الناتجة عن أسلوب معالجته الخشنة. وسوف يطفو على السطح في حياته حين يكبر هذا النزوع الوسواسي، سواء في أدائه لمهامه في المؤسسة الملكية لسك النقود أو في الكثير من نزاعاته مع الناس، من أمثال هوك وغوتفريد ليبنيتس، المخترع الآخر لحساب التفاضل والتكامل. ولاريب في أن نيوتن هو من واتته الفكرة أولا في منتصف ستينيات القرن السابع عشر، لكن لا ريب أيضا في أن ليبنيتس (الذي عاش من 1646 وحتى 1716) توصل إلى الفكرة مستقلا بعد ذلك بقليل (لم يشأ نيوتن أن يكلف نفسه إخطار أي إنسان بما يعمله وقتذاك) وأن ليبنيتس أيضا أنجز صورة مفهومة ببساطة أكثر. ولا أعتزم الخوض في تفاصيل رياضية. إن الشيء الرئيسي فيما يتعلق بحساب التفاضل والتكامل أنه ييسر لنا الحساب بدقة تأسيسا على موقف بداية معروف لنا، وكذا الأشياء التي تتغير بمرور الوقت، مثل موقع كوكب في مداره. وسوف يكون مدعاة للضجر الخوض في كل تفاصيل الخلاف بين نيوتن وليبنيتس. لكن المهم أنهما استحدثا حساب التفاضل والتكامل خلال النصف الثاني من القرن السابع عشر، ومن ثم زودا العلماء في القرن الثامن عشر والقرون التالية بأدوات رياضية هم في مسيس الحاجة إليها لدراسة العمليات التي يطرأ عليها تغير. ونقول بوضوح إن علم الطبيعة الحديث ما كان له أن يظهر من دون حساب التفاضل والتكامل.

إن أفكار نيوتن العظيمة وبصيرته النافذة في هذه المناهج الرياضية، وكذا البدايات الأولى لبحثه في مجال الجاذبية، إنما تيسرت جميعها عندما توقف روتين الحياة التقليدية في كيمبريدج بسبب الطاعون. إذ بعد

تخرجه بوقت غير طويل، أغلقت الجامعة مؤقتا، وتوزع الباحثون في أنحاء متفرقة خشـــية المرض. وفي صيف 1665، عاد نيوتن إلى لنكنشاير حيث بقي فيها حتى مارس 1665، وبدا بعد ذلك أن العودة إلى كيمبريدج آمنة. ولكن مع عودة المناخ الدافئ استشرى الطاعون ثانية، وفي يونيو غادر نيوتن الجامعة ثانية إلى البلدة حيث بقي في لنكنشاير حتى أبريل 1667 بعد أن أكمل الطاعون مجراه وانتهى تماما. وعمد نيوتن أثناء إقامته في لنكنشاير إلى تقســيم وقته بين وولســـثروب وبابنغتون في بوثبـــاي باغنل. لذلك لا نعرف عن يقين أين وقع حادث التفاحة الشهير (هذا إذا كان الحادث وقع حقا في هذه الفترة، كما زعم نيوتن). لكن الشيء اليقيني، وبكلمات نيوتن نفســه التي سطرها بعد ذلك بنصف قرن، «كنت في هذه الأيام في ريعان ســنوات العمر المترعة بالابتكار والرياضيات العقلية والفلسفة أكثر من أي وقــت آخر». وفي نهاية العام 1666، أي في منتصف فترة الإســهام هذه، احتفل نيوتن بعيد ميلاده الرابع والعشرين.

وحكـــى نيوتن فيما بعـــد القصة على النحو التالـــي، إذ قال إنه خلال سنوات شـــيوع الطاعون، وبينما كان جالســـا رأى تفاحة تسقط من أعلى الشـــجرة، وتعجب متسائلا: هل تأثير جاذبية الأرض يمكن أن يمتد ليصل إلـــى أعلى الشـــجرة، إن كان كذلـــك فإن في الإمـــكان أن تمتد لتصل إلى القمر. وحســـب وقتذاك القوة اللازمة للحفاظ على القمر في مداره وكذا القوة اللازمة لإســـقاط التفاحة من أعلى الشجرة. ورأى أن الاثنين يمكن تفســـيرهما على أســـاس جاذبية كوكـــب الأرض، إذ تضاءلت القوة كواحد على مربع المســـافة مـــن مركز الأرض. ويفيد هذا ضمنـــا بأن نيوتن على علم بقانون التربيع العكســـي، وقد صقلـــه وهذبه بحلول العام 1666، أي قبل أي حوار بين هالي وهوك ورين بزمن طويل. ولكن نيوتن اشـــتهر عنه طـــول باعه في إعادة كتابة التاريخ لمصلحتـــه، ونرى، على خلاف ما تفيد به القصة، أن قانون التربيع العكســـي ظهر على نحو تدريجي. وثمة دليل مكتوب ســـطره نيوتن في أوراقه الخاصة ويمكـــن تحديد تاريخه، إذ يبين واضحا أن أعماله التي أنجزها في مجال الجاذبية خلال سنوات الطاعون لـــم تتضمن أي إشـــارة إلى القمر. ونعرف أن ما حفـــزه على التفكير لأول

مرة في موضوع الجاذبية هو الحجة القديمة التي استخدمها خصوم فكرة أن الأرض تدور حول محورها إذ قالوا لو كانت الأرض تدور فإنها سوف تتصدع وتطير نثارا بسبب قوة الطرد المركزية. وحسب نيوتن قوة هذه الطاقة الطاردة على سطح الأرض وقارنها بالقوة المقدرة قياسا للجاذبية وأوضح أن الجاذبية على سطح الأرض أقوى بمئات المرات من القوة الطاردة إلى الخارج مما يعني أن الحجة واهية. ونراه في وثيقة أخرى كتبها تقريبا بعد عودته إلى كيمبريدج (ويقينا قبل 1670) يقارن هذه القوى بـ «جهود القمر بالابتعاد عن مركز الأرض»، ووجد أن الجاذبية عند سطح الأرض أقوى أربعة آلاف مرة تقريبا من قوة الطرد المركزية الملائمة لحركة القمر في مداره. وطبيعي أن هذه القوة الدافعة إلى الخارج توازن قوة جاذبية الأرض، إذا ما تناقصت الجاذبية وفق قانون التربيع العكسي. لكن نيوتن لم يوضح هذا صراحة في تلك الأثناء. وأشار أيضا، وإن كان في معرض حديثه عن قوانين كيبلر، إلى أن جهود الكواكب للابتعاد عن الشمس في مداراتها تتناسب عكسيا مع مربعات مسافة كل كوكب في بعده عن الشمس.

وطبيعي أن التوصل إلى هذه النتيجة بحلول العام 1670 هو إنجاز مثير للإعجاب، وإن لم يكن بقدر إثارة الأسطورة التي لم يكف نيوتن عن صقلها وتهذيبها فيما بعد. وحري بنا أن نتذكر أنه حتى ذلك الوقت لم يكن تجاوز الثلاثين من عمره، وكان قد أكمل دراسته عن الضوء وحساب التفاضل والتكامل. ولكن بحث الجاذبية تراجع الآن إلى الخلف بعد أن تحول نيوتن إلى هوى جديد - الخيمياء. إذ نذر نيوتن قدرا كبيرا من وقته وجهده على مدى العقدين التاليين للخيمياء أكثر مما فعل بالنسبة إلى كل جهوده العلمية التي نجلها ونقدرها كثيرا اليوم، ولكن لا مجال لمناقشة عمله هذا هنا تفصيلا، نظرا إلى أنه أدى إلى طريق مسدود(*). وشغلته عن دراسته العلمية أيضا أمور أخرى تدور حول وضعه في كلية ترينتي واعتقاداته الدينية الخارجة عن التقليد.

(*) لمعرفة رواية شائعة تركز على هذا الجانب من حياة نيوتن، انظر كتاب إسحق نيوتن: «المشعوذ الأخير»، لمؤلفه مايكل وايت Michael White; Isaac Newton: the last Sorcerer.

وفي العام 1667، تم انتخاب نيوتن «زميلا مبتدئا» (minor fellowship) بجامعة ترينتي، وهي درجة تحولت تلقائيا ليصبح «زميلا رئيسيا» (majer fellowship) بعد حصوله على الماجستير العام 1668، أتاح له هذا فرصة تمتد سبع سنوات ليعمل بحرية كل ما يحلو له، ولكن تضمن التزاما بالعقيدة الدينية الصحيحة - تحديدا - أن كل من حصل على الزمالة من المستجدين ملزم بأن يقسم يمينا نصه: «إنني إما أن أتخذ فقه الإلهيات موضوعا لدراستي وأجري طقوس تنصيبي كنسيا عندما يحين الوقت المحدد في المرسوم، أو أن أستقيل من الكلية». وكانت العقبة غير المتوقعة أن نيوتن يؤمن بمذهب آريوس (*)، ولم يكن مستعدا ليلقى مصير برونو حيث وضع على الخازوق بسبب معتقداته. وكذلك لم يكن مستعدا للمساومة على معتقداته بأن يقسم اليمين بأنه يؤمن بالثالوث المقدس، وهو قسم لا مناص منه عند رسمه قسيسا. وجدير بالذكر أن إيمان المرء بالمذهب الآرياني لم يكن في إنجلترا في القرن السابع عشر جريمة تستحق حرق صاحبها، ولكن تعني استبعاد نيوتن عن أي وظيفة عامة، خصوصا إذا كانت الوظيفة في كلية تحمل اسم الثالوث المقدس (ترينتي). وها هنا نجد سببا آخر يحفزه لكي يكون كتوما ومنطويا على نفسه. وفي مطلع سبعينيات القرن السابع عشر، وبينما كان نيوتن يبحث على سبيل الاحتمال عن منفذ، طور هوسا جديدا بدراسته لفقه الإلهيات دراسة مدققة (تضارع دراسته للخيمياء وتساعدنا في تفسير السبب في أنه لم يقدم جديدا في العلم بعد بلوغه الثلاثين). ولم تكن لتنقذه هذه الجهود، لولا شرط تعاقدي غريب وضعه هنري لوكاس لمن يشغل الكرسي المسمى باسمه.

وخلف نيوتن بروفيسور بارو كأستاذ يشغل كرسي لوكاس للرياضيات، وذلك في العام 1669، وهو في السادسة والعشرين من عمره. وكان الشرط التعاقدي الغريب الذي تعارض مع كل تقاليد الجامعة هو أن أي شاغل للكرسي محظور عليه قبول منصب في الكنيسة يقتضيه إقامة خارج كيمبريدج أو «شفاء الأرواح». واستخدم نيوتن في العام 1675 هذا الشرط التعاقدي، وأذن له إسحق بارو (وقد أصبح رئيسا لكلية ترينتي) بتقديم التماس إلى

(*) اتبع نيوتن تعاليم آريوس السكندري في القرن الرابع. ويؤمن مذهب الآريانية بأن الرب وجود متفرد، ومن ثم فإن يسوع ليس إلها بالمعنى الأصيل للكلمة. ورأت الكنيسة أن هذه الأفكار زندقة أو هرطقة تأسيسا على مفهوم الثالوث المقدس.

الملك لإعفاء جميع الأساتذة الشاغلين لكرسي لوكاس من شرط طقوس الرسامة الكهنوتية. ونظرا إلى أن تشارلز الثاني هو الراعي للجمعية الملكية (حيث نيوتن، كما نتذكر، أصبح مشهورا فيها الآن لابتكاره التلسكوب العاكس ودراساته عن الضوء) فضلا عن أنه متحمس للعلم فقد منح الإعفاء للجميع وإلى الأبد «تشجيعا للعلماء المنتخبين حاليا ومستقبلا لمنصب الأستاذية». وهكذا أصبح نيوتن في أمان - بفضل الإعفاء الملكي ولن يكون ملزما بأداء طقوس رسامة كهنوتية، كما أن الكلية سوف تسقط القاعدة التي تنص على أن يغادر بعد استكمال السنوات السبع الأولى كزميل.

المشاحنات بين هوك ونيوتن

وسط هذا القلق الذي عاناه نيوتن من أجل مستقبله في كيمبريدج، تورط أيضا في نزاع مع هوك بشأن أسبقيته فيما يتعلق بنظرية الضوء، وبلغ النزاع ذروته في رسالته «على أكتاف العمالقة» في العام 1675، ونستطيع أن نتبين الآن لماذا تعامل نيوتن مع القضية برمتها بمثل هذا القدر من التوتر، إذ كان شديد القلق بشأن وضعه مستقبلا في كيمبريدج أكثر من اهتمامه بالتزام اللياقة والأدب مع هوك. ومع ذلك فإن من المفارقات أنه في الوقت الذي انصرف فيه نيوتن عن متابعة تطوير أفكاره عن الجاذبية، كان هوك في العام 1664 قد أصاب لب المشكلة الخاصة بالحركة المدارية، ونراه في رسالة منشورة في العام نفسه يرفض فكرة توازن القوى، قوة دافعة إلى الداخل وقوة دافعة إلى الخارج لتمسك بجرم مثل القمر في مداره. وأدرك أن الحركة المدارية نتيجة ميل القمر إلى الحركة في خط مستقيم علاوة على قوة فريدة تجذبه تجاه كوكب الأرض. وكان لا يزال كل من نيوتن وهوجنز والجميع يتحدثون عن «ميل إلى الابتعاد عن المركز» أو أي عبارة أخرى مماثلة، والتي تفيد ضمنا، بما في ذلك أعمال نيوتن حتى ذلك الحين، أن ثمة شيئا مثل الدوامات التي قال بها ديكارت مسؤولة عن دفع الأجسام إلى الوراء في مداراتها على الرغم من هذا الميل للحركة إلى الخارج. وأسقط هوك أيضا فكرة الدوامات وقدم فكرة أخرى تعبر عما نسميه اليوم «التأثير عن بعد» - جاذبية يمتد أثرها بعيدا عبر فضاء فارغ لتجذب القمر أو الكواكب.

وبعـد أن هدأ غبـار النزاع الأول العام 1679، كتب هوك رسـالة إلى نيوتن يسـأله رأيه بشـأن هذه الأفكار (التي صدرت مطبوعة بالفعل). إن هوك هو الذي عرف نيوتن بفكرة التأثير عن بعد (التي ظهرت على الفور ومن دون أي تعقيب في كل كتابات نيوتن بعد ذلك عن الجاذبية)، وهو الذي عرفـه أيضا بفكرة أن المدار خط مسـتقيم انحنى بفعل الجاذبية. بيد أن نيوتن أحجم عن المشاركة، وكتب إلى هوك:

> لقد سـعيت منذ سـنوات إلى الابتعاد عن الفلسفة إلى دراسـات أخـرى، حيث كرهـت الوقت الـذي أقضيه في الدراسة... أتمنى ألا يفسـر إحجامي عن التورط في تلك الأمور باعتباره فظاظة موجهة إليك أو إلى الجمعية الملكية.

وعلـى الرغم من هذا، اقترح نيوتن طريقـة لاختبار دوران الأرض حول نفسـها. وكان الظن في الماضي أن دوران الأرض حول نفسها ينبغي أن يتضح عندما نلقي جسما من أعلى برج شاهق، لأنه يسقط ويصل إلى الأرض خلف البرج بفعل هذا الدوران. وأوضح نيوتن أن قمة البرج يتعين أن تتحرك بأسرع من قاعدتـه، لأنها أبعد من مركز الأرض، ويكون لها وفقا لهذا الرأي محيط دائرة أكبر تكمله في 24 سـاعة. لذلك فإن الجسم الملقى يستقر على الأرض أمام البرج. وقدم رسما يكشف عن عدم اهتمام ليوضح ما يعنيه. إذ مد نيوتن خط مسار الجسم الساقط، وكأن الأرض غير موجودة، في مسار حلزوني إلى مركز الأرض تحت تأثير الجاذبية. ولكنه ختم رسالته قائلا:

> ولكن عاطفتي تجاه الفلسفة تبددت، لذلك تراني معنيا بها بقدر ضئيل وأشبه بتاجر اعتاد الحديث عن تجارة رجل آخـر أو ريفي يتحـدث عن التعلـم، وأرى لزاما أن أعترف بأنني أمقت تضييع وقتي في الكتابة عنها، وأحسـب أن في وسعي أن أقضى وقتا أكثر مع شيء آخر أهواه ويرضيني.

بيد أن رسـم نيوتن لهذا المنحنى الحلزوني جذبه إلى مزيد من التوافق مع الفلسـفة، شـاء ذلك أم أبـى. وأوضح هوك الخطأ، ورأى أن المسـار الصحيح للجسم الساقط سيكون أشبه بقطع ناقص متقلص، مع افتراض أن فـي إمكانه أن يمر عبر الأرض الصلبة من دون مقاومة. وصحح نيوتن

بدوره تخمين هوك بأن أوضح أن الجسم الذي يتخذ مسارا داخل الأرض لن يهبط تدريجيا في طريقه إلى المركز على امتداد أي مسار، مهما كان، بل سوف يسير في مدار إلى أجل غير مسمى، ملتزما مسارا يشبه القطع المكافئ، ولكن مع تحرك المدار كله دائريا مع مرور الوقت. ورد هوك بدوره موضحا أن حساب نيوتن مبني على أساس قوة جذب ذات تأثير متساو في جميع المسافات الفاصلة بينها وبين المركز... ولكن اقتراحي هو أن الجذب يكون دائما في تناسب تربيعي duplicate proportion مع عكس المسافة من المركز center Reciprocal، أي بعبارة أخرى قانون التربيع العكسي.

ولم يشأ نيوتن أن يكلف نفسه مشقة الرد على هذه الرسالة، لكن الشواهد تؤكد أنه، وعلى الرغم من أن عاطفته تجاه الفلسفة تبددت، بيد أن هذا كان الحافز الذي أثار اهتمامه في العام 1680 لكي يبرهن (بينما هوك وغيره كانوا يخمنون فقط) على أن قانون التربيع العكسي للجاذبية يستلزم أن تتحرك الكواكب في مدار إهليليجي أو قطع مكافئ حول الشمس (*). وهذا هو السبب في أنه كان جاهزا بالإجابة عن سؤال هالي حين طرق بابه في العام 1684.

نيوتن وكتابه.. «برينكيبيا ماتماتيكا» (المبادئ الرياضية)

قانون التربيع العكسي وقوانين الحركة الثلاثة

لم يكن الإبحار رخاء بعد ذلك، ولكن تودد هالي وتشجيعه بعد هذا اللقاء في كيمبريدج أدى أولا إلى نشر بحث من تسع ورقات (في نوفمبر 1684) موضحا فيه قانون التربيع العكسي، ثم أعقب ذلك نشر نيوتن لكتابه الملحمي المؤلف من ثلاثة مجلدات في العام 1687 «Philosophiae Naturalis principia Mathematica» المبادئ الأساسية لرياضيات الفلسفة الطبيعية. الذي أرسى فيه أسس الفيزياء برمتها. ولم يقتصر الكتاب على بيان دلالات

(*) أصعب موضوع رياضي في كل هذا هو البرهان على أن الصواب هو قياس المسافات المستخدمة في قانون التربيع العكسي من مركز الأرض أو الشمس مع الجاذبية المؤثرة، وكأن كل المادة تركزت عند نقطة واحدة. وميزة حساب التفاضل والتكامل أنه يجعل هذه المسألة واضحة. غير أن نيوتن تعمد تجنب استخدام حساب التفاضل والتكامل في براهينه المنشورة، مدركا أن أقرانه لن يقبلوا الحسابات ما لم تكن مكتوبة في لغة مألوفة لديهم، ولا أحد يعرف إن كان أنجز كل هذا عن طريق حساب التفاضل والتكامل أول الأمر ثم ترجمه أي أعاد صياغته بلغة الرياضيات التقليدية أم لا. لكن حتى وإن فعل هذا، فإنه أمر مذهل منه، وكأنه اتخذ الأسلوب التقليدي منطلقا له وأكمل به العمل.

قانون التربيع العكسي للجاذبية وقوانين الحركة الثلاثة التي تصف سلوك كل شـــيء في الكون، وإنما عمد إلى توضيح أن قوانين الفيزياء هي في الحقيقة قوانين كونية وكلية شـــاملة تؤثر في كل شيء. ولا تزال فسحة من الوقت لكي تطفو على السطح صفة أخرى من صفات شخصية نيوتن عندما اشتكى هوك من أن المخطوطـــة (التي رآها بحكم صلاحياته في الجمعية الملكية) لا توفيه حقه (وهي شـــكوى لها ما يبررها، نظرا إلـــى أنه أنجز وقدم رؤى مهمة تعبر عـــن بصيرة نافذة، حتى وإن لم تتوافر لـــه المهارة اللازمة لإكمال العمل بآلية رياضية كما هي الحال بالنســـبة إلى نيوتن)، وهدد نيوتن أول الأمر بســـحب المجلد الثالث من النشـــر وراجع المتن قبل إرساله إلى المطبعة، وعمد بوحشية إلى محو أي إشارة مهما كانت إلى اسم هوك.

وأحدث كتـــاب «برنكيبيا» تأثيرا ضخما لأســـباب عـــدة، منها الذكاء الرياضـــي المبهر من حيـــث طريقته فـــي التوفيق بين العناصـــر المختلفة لتبـــدو واحدة متكاملة، ولأنه ثانيا حقق ما ظل العلماء منذ أيام كوبرنيكس يتلمســـون طريقهم إليه (مـــن دون إدراكه بالضـــرورة)، ألا وهو إدراك أن العالم يعمل بالضرورة وفق مبادئ ميكانيكية يمكن للبشر فهمها، وليس كما يقضي الظن السائد وفق قوى سحرية أو نزوات خارقة للطبيعة.

وكان نيوتن وكثيرون من معاصريه (وليس جميعهم) لا يزالون يعتقدون أن ثمـــة إرادة أخرى، حتى وإن قيل إن يدي مهندس معماري تتدخلان بين الحين والآخر لضمان سلامة واطراد حركة العالم. لكن بدا واضحا أكثر فأكثر لدى الكثيريـــن ممن أتوا بعد نيوتن أنه أيـــا كانت بداية الحدث بيد أنه لم يعد في حاجة إلى تدخل من خارج. واعتادوا تشـــبيه الأمر بالســـاعة التي تعمل بآلية داخلية. ولنتذكر ســـاعة الكنيسة الضخمة في أيام نيوتن، إذ لا تعمل بعقارب لتحديد الوقت، بل عن طريق شـــخوص خشبية تخرج من باطنها عندما تحين الســـاعة، وتصور لوحة صغيرة، وتدق دقـــات بمطرقة على الجرس. نرى في الظاهـــر تعقـــدا كبيرا لمظاهر الحركة، ولكن كل شـــيء يحـــدث نتيجة حركة البنـــدول تيك - توك بصورة منتظمة. وفتـــح نيوتن عيون العلماء على حقيقة أن أســـس الكون يمكن أن تكون بسيطة وقابلة للفهم، على الرغم من مظاهر التعقد التي نراها على سطح الكون. وأبدى أيضا أنه متمكن للغاية من المنهج العلمي، وكتب ذات يوم لليسوعي الفرنسي غاستون باردي يقول:

> يبــدو أن أفضــل وآمــن منهج للتفلســف يكــون، أولا البحث بدأب واجتهاد في خصائص الأشــياء، وتأكيد هذه الخصائص عــن طريق التجارب، ثم التحــرك قدما ببطء لصوغ الفروض بغية تفســيرها. ذلــك لأن الفروض ينبغي اســتخدامها فقط لتفسير خصائص الأشياء وليس الهدف تحديدها، ما لم تكن زودتنا بالتجارب.

أي بكلمات أخرى العلم يبحث في وقائع، وليس في تخييلات.

يمثــل صدور البرنكيبيا معلما يحدد اللحظة التي بلغ فيها العلم ســن الرشد كمبحث فكري ناضج، وقد طرح جانبا أغلبية جهالات صباه وانطلق علــى طريق البحوث الرشــيدة في بحث ظواهر العالــم. لكن هذا لم يكن بســبب نيوتن وحده. إذ إنه ابن عصره، صاغ بكلماته (وصاغ بشكل حاسم أســئلة) الأفكار التي شــاعت وملأت الأجزاء هنا وهنــاك. وعبر بوضوح أكثر، وعلى نحو تجاوز قدراتهم، ما كان العلماء يصارعون في الســابق من أجل التعبير عنه. وهذا ســبب آخر للصدى الواســع الذي واكب كتابته، إذ ضرب على الوتر الحســاس، لأن الوقت قد حان لمثل هذه الإلمامة الجامعة في إيجاز، وكذلك لإرســاء القواعد الأساســية. ولا بد أن كل من قرأ من العلمــاء كتــاب البرنكيبيا قد مر باللحظة الواردة في كتاب سي.بي.ســنو «البحــث». «عندما رأيت خليطا من الوقائع العرضية تصطف في مســار واحد ووفق نظام وترتيب... لكنها صحيحة»، قلت لنفســي، «إنها جميلة، إنها صحيحة».

وأصبح نيوتن شــخصيا عالما مشــهورا، تجاوزت شهرته محيط الجمعية الملكية، نتيجة صدور كتاب «برنكيبيا». وكتب عن هذا جون لوك الفيلســوف، وصديق نيوتن:

> أوضح الســيد نيوتن، الــذي لا يدانيه أحــد، كيف أن الرياضيات عند تطبيقها على بعض جوانب الطبيعة، وربما علــى المبادئ التي تبررها حقائق الأمــور، يمكن أن تحملنا على طريق معرفة بعض ما أســميه المجالات المميزة للكون العصية على الفهم.

لكن في العام 1687، كف نيوتن عن أن يكون عالما (إذ سيبلغ الخامسة والأربعين مع نهاية هذا العام وقد زايله حبه للفلسفة منذ زمن طويل. حقا سيصدر كتابه «البصريات» (Opticks) مع مستهل القرن الثامن عشر، بيد أنه عمل قديم أبقاه إلى أن مات هوك وبات في الإمكان نشره من دون أن تتهيأ له فرصة للتعليق عليه أو الزعم بأحقيته في شيء مما قاله في دراساته عن الضوء. لكن ربما المكانة السامية التي حققها كتاب برنكيبيا هي من بين العوامل التي شجعت نيوتن على أن يصبح شخصية عامة بمعنى من المعاني. وعلى الرغم من أن بقية قصة حياته ليست لها علاقة مباشرة كبيرة تؤثر في العلم، غير أن من المهم أن نبين بصورة عامة إجمالية كم ما أنجزه خارج نطاق جهوده العلمية.

نيوتن والفترة التالية من حياته

انتقل نيوتن ليكون محط الأضواء السياسية لأول مرة في مطلع العام 1687، بعد أن خرج كتاب «برنكيبيا» من بين يديه، وأصبح تحت يدي هالي في طور الطباعة. وتولى جيمس الثاني العرش خلفا لأخيه في العام 1685، وبعد بداية حذرة لحكمه، بدأ بحلول العام 1687 يلقي بثقله في كل الأنحاء. وحاول، من بين أمور أخرى، مد نفوذه الكاثوليكي ليشمل جامعة كيمبريدج. وحيث إن نيوتن أصبح الآن زميلا رئيسيا في كلية ترينتي (وربما متأثرا بمخاوفه من احتمال ما قد يصيبه في ظل حكم كاثوليكي باعتبار مذهبه الآرياني)، وكان أحد قادة المعارضة لهذه التحركات في كيمبريدج، وواحدا من بين تسعة زملاء عليهم المثول أمام القاضي جيفري الذي اشتهر بسوء سمعته للدفاع عن موقفهم. لكن عندما أطيح بجيمس من على العرش نهاية العام 1688 وحل محله في مطلع 1689 وليام أورانج (حفيد تشارلز الأول) وزوجته ماري (ابنة جيمس الثاني) فيما سمي بالثورة المجيدة (*)، أصبح نيوتن هنا واحدا من عضوين في البرلمان أرسلتهما الجامعة إلى لندن. وعلى الرغم من

(*) وصل وليام وماري عمليا إلى العرش نتيجة عملية غزو شاملة لبريطانيا، والاستيلاء على لندن بالقوة، حتى وإن لم يكن غزوا دمويا إلى حد كبير وموضع ترحيب من كثيرين. ولكن التاريخ يكتبه المنتصرون. وعبارة الثورة المجيدة لها جرس أفضل من قولنا «غزو» إذا ما شئنا إدخال السعادة على الناس. وأهم قسمة ميزت «الثورة» (والتي تبرر التسمية) أنها رجحت كفة الميزان للقوة السياسية في بريطانيا ضد الملك لمصلحة البرلمان، الأمر الذي من دونه ما كان وليام وماري نجحا في تولي العرش.

أن نيوتن أبعد من أن يكون عنصرا نشطا في البرلمان، ولا يعتزم تقديم نفسه لانتخابه من جديد عندما تم حل البرلمان في مطلع العام 1690 (بعد أن أدى البرلمـــان مهمته أن أضفى شـــرعية على تولي وليام ومـــاري العرش)، بيد أن مذاق حياة لندن والمشـــاركة في الأحداث الكبرى ضاعفا من إحســـاس نيوتن بالاستياء من كيمبريدج. وألقى بنفسه في أحضان دراساته في الخيمياء منذ مطلع تسعينيات القرن السابع عشر. لكن يبدو أنه، مع هذا، بدأ يعاني انهيارا عصبيا بحلول العام 1693 ســـببته له ســـنوات الإجهاد في العمل، فضلا عن ضغوط إخفاء معتقداته الدينية غير التقليدية، وكذا (أو ربما) انهيار صداقة وثيقة امتدت ثلاث سنوات بينه وبين عالم رياضيات شاب من سويسرا يدعى نيكولاس فاتيو دو دويلييه (يعرف عادة باسم فايتو)، وبعد أن شفي نيوتن شرع يبحث جادا ومن دون كلل عن ســـبيل ما لتـــرك كيمبريدج. وفي العام 1696 عرض عليه تشـــارلز مونتاغ وظيفة رئيس الدار الملكية لسك النقود. (ومونتاغ هو طالب ســـابق في كيمبريدج، مولود في العام 1661 وعرف نيوتن، وأصبح الآن وزيـــر المالية، وإن توافر له وقت أيضا للعمل رئيســـا للجمعية الملكية من العام 1695 وحتى العام 1698)، واقتنص نيوتن الفرصة من دون انتظار.

ويعتبـــر منصـــب الرئيس لدار ســـك النقود الوظيفة رقـــم اثنين في هذه المؤسســـة، ويمكـــن النظر إليهـــا باعتبارها وظيفة تدر دخـــلا من دون عمل. ولكـــن نظرا إلى أن رئيس الدار تعامل مـــع منصبه على أنه منصب للحصول علـــى دخل مـــن دون عمل يقابله، فقد أتاح بذلك الفرصـــة أمام نيوتن ليضع يديه على مصادر القوة. وتولى نيوتن المنصب بأســـلوبه الوسواســـي، متطلعا إلـــى تنفيذ إجراء ضخم لإعادة ســـك العملة، واتخـــاذ إجراءات صارمة ضد المزيفين تتصف بالوحشـــية والقســـوة التي لا تعرف الرحمة (وكانت العقوبة عادة هي الشـــنق، وأصبح نيوتن هو الحكم والقاضي ليطمئن إلى أن القانون إلى جانبه). وتوفي الرئيس في العام 1699، وتولى نيوتن منصبه، وهذه المرة الأولى على مدى تاريخ طويل يرتقي نائب رئيس دار ســـك النقود إلى منصب الرئيس بهذه الطريقة. وحقق نيوتن نجاحا كبيرا في دار سك النقود. وشجعه هذا النجاح على الترشـــح ثانية للبرلمان (وربما تم هذا بتشـــجيع وإلحاح من جانـــب مونتـــاغ الذي كان حتى ذلـــك الوقت لورد هاليفاكـــس، ثم أصبح بعد

ذلـــك إيرل هاليفاكس)، ونجح في دخول البرلمان العام 1701، واســـتمر حتى مايــو 1702 عندما توفي وليام الثاني (وتوفيت ماري قبله في العام 1694)، وصـــدر قرار بحل البرلمان. وتولت آن العـــرش خلفا لوليام وهي الابنة الثامنة لجيمس الثاني، وكانت قبل توليها العرش وفي أثناء حكمها الذي استمر اثني عشر عاما متأثرة بقوة بهاليفاكس. وفي أثناء الحملة الانتخابية العام 1705 منحـــت لقب فارس لكل من نيوتن، رعية هاليفاكس، وأخ هاليفاكس، على أمل أن يشجع هذا التكريم الناخبين على تأييدها.

ولم يجد هذا شـــيئا، إذا خسر حزب هاليفاكس في مجموعة الانتخابات مثلما خســـرها نيوتن كشخص فرد. وكف نيوتن، وقد بلغ الستين، عن معاودة التجربـــة مرة أخرى. ولكن القصة جديرة بـــأن نحكيها، نظرا إلى أن كثيرين يظنون أن نيوتن حصل على لقب فارس باســـم العلم، ويظن البعض أن اللقب جائـــزة له مقابل عمله في دار ســـك النقود. ولكـــن الحقيقة أنه إجراء مميز من أســـاليب الانتهازية أقـــدم عليه هاليفاكس كجزء مـــن محاولته الفوز في انتخابات العام 1705.

وفاة هوك وصدور كتاب البصريات لنيوتن

بدا نيوتن الآن، على الرغم من ذلك، سعيدا إذ أصبح بعيدا عن السياسة، بعـــد أن عرف آخر مرحلة عظيمة له. وتوفي هوك في مارس 1703، ونعرف أن نيوتـــن بذل جهـــده ليبقى بعيدا عن الجمعية مادام أن هوك الذي أســـهم موضوعيا في خلقها لايزال صاحب دور فيها. وأُنتخب نيوتن رئيســـا للجمعية الملكية في نوفمبر من العام نفســـه. وصدر كتاب «البصريات» (Opticks) في العـــام 1704، وأدار نيوتن الجمعية بحـــذره المعتاد واهتمامه بالتفاصيل على مدى العقدين التاليين. وأشـــرف على إنجاز مهمات عديدة في العام 1710، من بينها الحاجة إلى الانتقال بعيدا عن أوساط كلية غريشام المكتظة الضيقة إلى تجمع ســـكني في كريـــن كورت. ولا ريب في أن هـــذا الانتقال كان لازما منـــذ زمن طويل. جدير بالذكر أن زائرا لكلية غريشـــام قبيـــل الانتقال كتب يقـــول: «أخيرا، وجدنا من دلنا على القاعـــة التي تجتمع فيها عادة الجمعية، إنها صغيرة جدا وبائســـة، وأفضل ما فيها من محتويات هي صور أعضائها،

وأجدرهـم بالاهتمـام صورتا بويل وهوك»(*). وضمـت القاعة صورا كثيرة يلزم نقلها من كلية غريشام إلى كرين كورت، وتولى الإشراف على هذه المهمة سير إسحق نيوتن، وهو الشـخص المثير للجدل على نحو وسواسي من حيث الدقائق والتفاصيل. لكن الصورة الوحيدة التي فقدت ولم يتسن العثور عليها أبـدا هي صورة هوك، ولم يتبق له في الجمعية أي صورة له. وإذا كان نيوتن قـد مضى إلى هذا الحد في محاولة الغض من قدر وقيمة هوك في التاريخ، فلا بد أن هوك كان عالما مذهلا حقيقة.

إن هوك هو الذي أنجز وتحمل أعباء الجمعية الملكية أولا وقبل كل شـيء، ونيوتـن هو من صاغها فـي الأغلب وجعل منها الجمعيـة العلمية الرائدة في العالـم على مدى قرنين أو يزيد. ولكن نيوتن لم يبلغ الرشـد مع امتداد العمر واتسـاع الشهرة، واعتاد وهو رئيس للجمعية على أن يتورط أيضا في خلافات غير مهذبة. وكان نزاعه هذه المرة مع فلامسـتيد، أول عالم فلكي في الجمعية الملكيـة، والذي أحجم عن أن يخرج وصفه لمواقع النجوم الجديد إلى النور، إلا بعد مراجعة مرة ومرتين كل صغيرة وكبيرة فيه، بينما كان كل من سـواه يتعجل في لهفة ليضع يديه على المعلومات. وعلى الرغم من سلسلة نزاعات نيوتن غير أن إنجازاته سواء في دار سك النقود أو في الجمعية الملكية كفيلة وكافية لتجعل منه شخصية تاريخية مهمة، حتى وإن لم يكن عالما بالقدر الذي اشتهر به.

وتولت كاثرين بارتون ابنة أخت نيوتن مسؤولية رعاية بيته في لندن (بمعنى أن تقـول للخدم ماذا يجـب أن يفعلوا، نظرا إلى أنـه الآن أصبح رجلا ثريا)، ونعرف أنها مولودة في العام 1679، وابنة هانا سـميث، الأخت غير الشـقيقة التي تزوجت روبرت بارتون وتوفي في العام 1693 تاركا أسرته في عوز. واتصف نيوتن بالكرم دائما مع أسـرته كما أن كاثرين كانت فائقة الجمال ومديرة منزل رائعة. ونحن لا نجد أي إشـارة تلمح إلى أسـاليب خداع اتبعها هوك مع ابنة أخته، ولكننا نعرف أن كاثرين سيطرت على قلب هاليفاكس. إذ يبدو أنه التقاها لأول مـرة نحو في العام 1703، وقتما كان في أوائل الأربعينات من العمر بعد ترملـه. وكتب هاليفاكس وصية أوصى فيها للبعض، ومـن بينهم كاثرين، التي أوصـى لها بمبلغ 3 آلاف جنيه إسـترليني وبكل جواهره «عنوانا بسـيطا عن

(*) Conrad von uffenbach, in London in 1710.
كونراد فون أفنباخ، في لندن عام 1710.

الحب الكبير والعاطفة الجياشة التي ملأت وجداني تجاهها». وبعد فترة خلال هذا العام اشترى لها سندات ذات عائد سنوي بقيمة 300 جنيه إسترليني (قبل توليه رئاسة الوزراء في عهد جورج الأول) (*). وغيّر الوصية ليترك لها 5 آلاف جنيه إسترليني (ما يعادل دخل فلامستيد السنوي 50 ضعفا) ومنزلا (الذي لم يكن يمتلكه بالفعل، ولكن لا بأس) كل هذا «عنوان الحب الصادق والعاطفة الجياشة والتقدير الذي طالما حمله لشخصها، وكتعويض بسيط مقابل المتعة والسعادة اللذين استمتع بهما من خلال الحديث معها».

أثار اختيار العبارة بهجة غامرة عند إعلان الوصية بعد وفاة هاليفاكس في العام 1715، خصوصا لدى فلامستيد، عدو نيوتن اللدود. وهل كان بينهما ما هو أكثر من المحادثة؟ هذا ما لن يتسنى لنا معرفته. لكننا نرى بسهولة مدى الكرم الذي لا مثيل له في الوصية. وجدير بالذكر أن نيوتن نفسه عندما وافته المنية وهو في الخامسة والثمانين من العمر في 28 مارس 1727 خلّف وراءه ما يزيد قليلا على 30 ألف جنيه إسترليني، اقتسمها بالتساوي ثمانية من أبناء وبنات الزيجة الثانية لأمه. معنى هذا أن كاترين حصلت على ثروة كبيرة من هاليفاكس مقابل مهاراتها في الحديث تفوق كثيرا ما ورثته عن عمها بالغ الثراء.

وبينما كان العلماء الآخرون لا يزالون يجاهدون لاستيعاب دلالات كتاب «برنكيبيا» في مطلع القرن الثامن عشر (والحقيقة أن علم الطبيعة على مدى القرن ظل بمعنى ما في ظل نيوتن)، نرى أن أول من تصدى للتحدي وتحين الفرصة التي توافرت بفضل أعمال نيوتن هو أدموند هالي ولم يكن هالي مجرد مساعد لإنجاز «برنكيبيا»، بل كان أيضا، إذا ما تحدثنا بشكل علمي، أول عالم بعد نيوتن. لقد كان كل من نيوتن وهالي، بقدر ما يخص علمهما، شخصيتين يمثلان القرن السابع عشر، على الرغم من أن كليهما عاشا في القرن الجديد. ولكن هالي الأصغر سنا واكب الانتقال بين القرنين، وأنجز بعض أفضل أعماله في القرن الجديد، أي بعد الثورة النيوتونية. وسوف يبين لنا من خلال العرض أنه أنجز في حياته أكثر مما أنجزه هوك ونيوتن مجتمعين.

* * *

(*) اضطرت بريطانيا إلى العودة إلى جورج الهانوفاري ليكون ملكا بعد أن ضاقت بآل ستيوارت. وعلى الرغم من أن آن أنجبت 17 طفلا لم يبق منهم إلا واحد وتوفي في العام 1700، وجورج هو حفيد جيمس الأول، ويكاد لا ينطق كلمة إنجليزية، وعاش في هانوفر طوال فترة حكمه (1714-1727)، ومع ذلك لم يكن حتى ذلك الحين مهما من هو الملك، مادام أن البرلمان هو المسؤول عن إدارة البلاد.

6

الآفاق تتسع

«رحل هالي عن العالم وهو على وشك فهم العظمة الحقيقية لمدى الزمان والمكان... وهذه هي الموضوعات التي ستصبح سريعا ذات أهمية محورية لفهم أصول نشأة التنوع بين أنواع كائنات عالم الأحياء»

المؤلف

أعمق تغير حدث خلال القرن الذي أعقب نيوتن في سبيل فهم مكان البشر في الكون تمثل في الإدراك المتزايد لهول الفضاء وعظمة دورة الزمن الماضي. ويمكن القول بمعني ما إن هذا القرن يمثل مفاجأة، حيث إن العلم بعامة توافق مع طريقة نيوتن في وصف وتنظيم الفيزياء، وأثبت بالبرهان مشروعية الطبيعة المنتظمة للكون (أو العالم وفق التعبير المستخدم وقتذاك). وانتشرت هذه الأفكار من الفيزياء نفسها، لب العلم، إلى المناطق ذات الصلة الواضحة، مثل الفلك والجيولوجيا؛ لكنها انتشرت أيضا (وببطء) في نطاق العلوم البيولوجية، حيث تأكدت أنماط وعلاقات الكائنات

الحية باعتبارها السلف الجوهري (وهو ما يمكن أن نتبناه عندما نلقي نظرة إلى الماضي)، ومهد هذا لاكتشاف القوانين التي يعمل على أساسها عالم الأحياء، خاصة قانون التطور ونظرية الانتحاب الطبيعي. وأصبحت الكيمياء أيضا أكثر علمية وأقل استغراقا في الباطنية مع انتهاء القرن الثامن عشر. بيد أن هذا كله تم داخل إطار التوسع الضخم للنطاق الذي اتخذه العلم موضوعا له يحاول تفسيره.

إدموند هالي

أهم شيء يتعلق بقانون التربيع العكسي الكوني للجاذبية عند نيوتن (أو عند هوك أو هالي أو رين) ليس أنه قانون تربيع عكسي (على الرغم من أهميته وفائدته)، وليس يقينا من الذي فكر فيه أولا، لكن الشيء الأهم أنه كوني. أي أنه يصدق على كل شيء في الكون، وأنه كذلك في كل أزمان تاريخ الكون. ويعتبر أدموند هالي أول من أدخله في عالم العلم (كما أنه أول من وسع حدود الزمان). وهو من عرفنا أخيرا أنه كان عاملا مساعدا في نشر كتاب «برينكيبيا». وهذه ولا شك مهمة جبارة. ذلك أن هالي عمل على تهدئة نيوتن إذا ما غضب من ناس من مثل هوك وهو الذي تعامل مع الطباعين، وقرأ وراجع الطبعات التجريبية، وهكذا، وانتهى به الأمر أن دفع تكلفة طبع الكتاب، على الرغم من ظروفه المالية الصعبة آنذاك. وفي مايو 1686 وافقت الجمعية الملكية (وكانت تحت رئاسة صمويل بيبيس) على نشر الكتاب ممهورا باسمها وعلى حسابها. لكنها عجزت عن الوفاء بالتزامها. وثمة من قال إن ادعاءها الفقر إنما هو حيلة سياسية بسبب الصخب الذي اندلع بين هوك ونيوتن حول تحديد لمن الأسبقية، ولم تشأ الجمعية أن تأخذ جانب أي من الطرفين، لكن الأرجح، فيما يبدو أن الجمعية كانت بالفعل في وضع مالي لا يسمح لها بإنفاذ وعدها لنيوتن. ونعرف أن مالية الجمعية الملكية ظلت غير مستقرة على مدى عقود بعد تأسيسها (والحقيقة أنها ظلت كذلك إلى أن استطاع نيوتن بنفسه أن ينظم الدار وقتما كان رئيسا لها)، فضلا عن أن ميزانيتها المتاحة الهزيلة تم استخدامها قبل ذلك لدفع تكلفة نشر كتاب فرنسيس

ويلوغبي «تاريخ الأسماك». وتبين أن الكتاب من أقل الكتب مبيعا (إذ بقيت نسخ منه أثناء عملية جرد الجمعية في العام 1743)، وأدى هذا إلى وضع الجمعية في مأزق مالي حتى أن هالي في العام 1686 تسلم 50 نسخة من الكتاب بدلا من أن يتسلم راتبه، وهو 50 جنيها إسترلينيا. وابتسم الحظ لهالي حين حقق كتاب «برينكيبيا» مبيعات جيدة على عكس الحال بالنسبة إلى كتاب «تاريخ الأسماك» (على الرغم من أنه مكتوب باللغة اللاتينية وأسلوبه مغرق في الاصطلاحات الفنية)، وحقق هالي ربحا متواضعا من مبيعات الكتاب.

ولم يشأ هالي، على عكس نيوتن، أن يقوم بأي دور في السياسة ذات الصلة بمشكلات خلافة العرش في نهاية القرن السابع عشر. ويبدو أنه كان عزوفا تماما عن السياسة حتى أنه ذات يوم قال معقبا:

> من جانبي، أنا مع الملك الجالس على العرش. إذا توافرت لي الحماية فأنا قانع بذلك. وعندي يقين أننا ندفع الكثير من أجل حمايتنا، لكن لماذا لا نطمع في الفائدة المرجوة من ذلك؟.

وهكذا حرص هالي على أن يبقى بعيدا عن السياسة، وأن ينشغل بجهده العلمي وبمهامه الإدارية في الجمعية الملكية، وعلى مدى السنوات القليلة التالية، وتوصل هالي إلى الكثير من الأفكار المتنوعة التي تجعل منه ندا متكافئا مع إنجازات هوك في أيامه العظيمة التي تميزت بخصوبة الإبداع. واشتملت هذه الأفكار على بحث في الأسباب المحتملة للطوفان المذكور في الكتاب المقدس، والذي أدى به إلى التساؤل في شك عن التاريخ المحدد للخلق وهو سنة 4004 ق. م (وهو التاريخ الذي توصل إليه الأسقف أوشر في العام 1620 بناء على حسابه لسنوات جميع الأجيال في الكتاب المقدس عائدا إلى البداية الأولى). وقبل هالي الرأي القائل بحدوث واقعة كارثية مثل تلك الواردة في الكتاب المقدس. لكنه قارن بين ذلك وبين تغير مظاهر سطح الكرة الأرضية التي تحدث اليوم بفعل التحات، ورأى تأسيسا على هذه المقارنة أن الواقعة المذكورة في الكتاب المقدس لا بد أنها وقعت قبل 6 آلاف سنة بكثير جدا. وحاول كذلك تقدير عمر الأرض عن طريق

تحليل ملوحة البحر، مفترضا أنه كان يوما ما عذبا ثم أخذت ملوحته تزداد باطـــراد نتيجة ما حملتـــه الأنهار من معادن جرفتها من اليابســـة، وتوصل إلى مدى زمنـــي مماثل أيضا. وأدت هذه الأفكار إلـــى أن بدأت المرجعيات الكنسية تنظر إليه باعتباره صاحب أفكار تنزع إلى الزندقة (الهرطقة)، على الرغـــم من أن هذا كان يعني في ذلك الوقـــت صعوبة حصوله على منصب أكاديمـــي، لاحتمـــال أن تؤدي أفكاره إلى الحرق فوق خـــازوق. وأبدى هالي اهتماما بالمغناطيسية الأرضية ورأى أن تباين المغناطيسية من مكان إلى آخر حول الكوكب، مع افتراض دقة الخريطة الموضحة لذلك، يمكن اســـتخدامها وسيلة جيدة للملاحة. ودرس أيضا التغيرات التي تطرأ على الضغط الجوي والرياح، ونشـــر في العام 1686 بحثا عن الرياح التجارية والرياح الموسمية، وتضمنت الدراسة أول خارطة للأرصاد الجوية. وتميز أيضا أنه رجل عملي أجـــرى تجارب لإدارة الشـــؤون البحرية (الأدميراليـــة) على ناقوس الغوص الذي قام بتطويره، مما سمح للغاصة بالعمل في قاع البحر على عمق يصل إلى 18 مترا ولمدة ساعتين كل مرة. واتساقا مع هذا، أنجز ونشر أول جداول عن وفيات البشر، لتكون أساسا علميا تعتمد عليه شركات التأمين لحساب أقساط التأمين على الحياة.

الدائرة الزوالية لكوكب الزهرة

شـــهد العـــام 1691 أول إســـهامات هالي لفهم حجم الكـــون، بعد أن تراجـــع بحدود الزمان عندما نشـــر بحثا يوضح كيـــف أن عمليات رصد الدائرة الزوالية لكوكب الزهرة مقابل الشمس، والتي تم رصدها من نقاط مختلفة على ســـطح الأرض، يمكن استخدامها من خلال إجراء تغيير في تقنية التثليث وزوايا الرؤية لقياس المســـافة إلى الشمس. جدير بالذكر أن عمليات عبور كوكب الزهرة، أي الدائرة الزوالية، هي أحداث نادرة الوقوع، ولكن يمكن التنبؤ بها. وعاد هالي إلى الفكرة العام في 1716، عندما تنبأ بأن الحدثين التاليين لمثل هذا العبور ســـيقعان في عامي 1761 و1769، وترك تعليمـــات تفصيلية دقيقة عن كيفية القيام بأعمال الرصد اللازمة. وطرأت على حياة هالي تقلبات هائلة فيما بين العامين 1691 و1716.

وحدث في السنة نفسها التي نشر فيها هالي أول بحث له عن الدائرة الزوالية لكوكب الزهرة أن فرغ كرسي علم الفلك في جامعة أكسفورد. وكان هالي شغوفا (وإن بدا يائسا) للحصول على منصب أكاديمي، ورأى في نفسه مرشحا مثاليا لهذا المنصب، لولا اعتراضات السلطات الكنسية بسبب آرائه عن عمر الأرض. وتقدم هالي بطلب لشغل الوظيفة، وإن لم يكن متفائلا، وكتب إلى صديق له يقول إن «ثمة تحذيرا ضدي، ما لم أوضح أنني غير مذنب فيما يتعلق بمسألة أبدية العالم». وتم رفض طلبه في الحقيقة لمصلحة دافيد غريغوري ربيب إسحق نيوتن. ونقول بكل أمانة إن غريغوري كان مرشحا مقبولا وأن التعيين، على ما يبدو تم على أساس من الجدارة إلى حد كبير، وليس فقط على أساس آراء هالي الدينية غير التقليدية.

جهود قياس حجم الذرة

نجد مؤشرا يدلنا على ما كانت تفتقر إليه جامعة أكسفورد عندما نأخذ أي عمل واحد فقط من الأعمال الكثيرة التي أنجزها هالي وقتذاك. شعر بالحيرة إزاء حقيقة أن أجساما من حجم واحد ولكنها مختلفة من حيث طبيعة المادة تختلف من حيث أوزانها - مثال ذلك أن كتلة من الذهب مماثلة لكتلة زجاج في الحجم هي أثقل منها بما يعادل سبعة أضعاف. وتفترض إحدي دراسات نيوتن أن وزن الجسم رهن كم المادة التي يحتويها (أي كتلته)، وهذا ما يفسر السبب في أن جميع الأجسام تسقط وفق تسارع متماثل - إذ إن الكتلة تلغي المعادلات. وذهب هالي في تفكيره إلى أن الذهب بذلك يحتوي على مادة تعادل سبعة أضعاف مادة الزجاج (حجم مقابل حجم)، ومن ثم يتعين أن يكون في الزجاج على الأقل فراغ يعادل ستة أسباع. وقاده هذا إلى التفكير في فكرة الذرات، ومحاولة إيجاد طريقة لقياس أحجامها. وتوصل إلى ذلك عن طريق اكتشاف كمية الذهب اللازمة لطلاء سلك فضي بغية الحصول على فضة ذات طلاء ذهبي. واستخدم في سبيل ذلك تقنية تشتمل على سحب السلك من سبيكة فضة، والذهب يحيط بها دائريا. وتبين له بناء على معرفته لحجم قطعة الذهب

المستخدمة وقطر وطول السلك في نهاية العملية أن قشرة الذهب حول الفضة هي 134.500/1 من سمك البوصة. ومع افتراض أن هذا يمثل طبقة واحدة من الذرات، فقد ذهب هالي في حسابه إلى أن مكعب ذهب سطحه واحد على مائة من طول البوصة سيحتوي على أكثر من 2433 مليون ذرة. ونظرا إلى أن سطح الذهب فوق السلك الفضي المطلي بالذهب كان شاملا تماما، بحيث لا يكشف في أي نقطة منه عن السلك الفضي الباطني فإنه عرف، مع هذا، أن هذا الرقم، على ضخامته، أقل كثيرا جدا من العدد الفعلي للذرات. ونشر جميع هذه الأفكار في العام 1691 (في محاضر الجلسات الفلسفية للجمعية الملكية).

هالي يسافر عبر البحر لدراسة المغناطيسية الأرضية

بعد أن شعر هالي بالإحباط بشأن طموحاته الأكاديمية، وضع لنفسه على مدى العامين التاليين خطة جديدة بالاشتراك مع صديقه بنيامين ميدلتون، وهو زميل ثري في الجمعية الملكية، ولعله هو المحرض على الخطة. وتقدم الاثنان في العام 1693 باقتراح إلى الأدميرالية للقيام برحلة استكشافية بهدف الاهتداء إلى طرق لتحسين الملاحة عبر البحار، مع الاهتمام بخاصة بدراسة المغناطيسية الأرضية في أنحاء مختلفة من الكواكب. ونقرأ ما كتبه روبرت هوك في يومياته عن الحادي عشر من يناير من هذا العام، إذ يقول إن هالي تحدث إليه عن عزمه «القيام برحلة بسفينة ميدلتون الاستكشافية». وهذا في نظر المحدثين يستوجب سؤالا: «لاكتشاف ماذا؟»، لكن من الطبيعي أن هوك استخدم تعبيرا يعني تماما ما نقصده حين نقول «استكشاف». وصادف الاقتراح استجابة حماسية من جانب الأدميرالية. وتم بناء على أمر مباشر من الملكة (ماري الثانية) إعداد سفينة صغيرة من النوع المعروف باسم «بنك» صنعت خصيصا لهذه المهمة وأقلعت في الأول من أبريل 1694 (جدير بالذكر أن أسطول وليام أورانج حين غزا إنجلترا في العام 1688، كان يضم ستين سفينة من نوع «بنك». وتعرف هذه السفينة أيضا باسم «بارامور» (Paramore) وطولها 52 قدما، وعرضها 18 قدما عند المقدمة وهي أوسع مناطقها، وتضيق مؤخرتها

لتصبح 9 أقدام وست بوصات، وحمولتها 89 طنا. أو لنقل بالمصطلحات الحديثة نحو 16 مترا طولا و5 أمتار عرضا، وتصلح لرحلة إلى أقصى جنوب المحيط الأطلسي (ونشأت فكرتها بداية من أجل رحلة حول العالم).

ولم تتضمن الوثائق التي بقيت أكثر من ذلك عن المشروع سوى النزر اليسير على مدى عامين من بدء الرحلة، حيث تم تجهيز السفينة ببطء. ولعل هذا كان بوجه خاص من حسن الحظ بالنسبة إلى العلم، ذلك لأنه خلال هذه الفترة طور هالي اهتمامه بالمذنبات، فضلا عن فرصته لتبادل الرسائل بشأن هذا الموضوع مع نيوتن، وبيان أن الكثير من النيازك تتحرك في مدارات إهليليجية حول الشمس في اتساق مع قانون التربيع العكسي. وعكف هالي على دراسة السجلات التاريخية، وبدأ يشك في أن المذنب الذي شوهد في العام 1687 كان له مثل هذا المدار، وأنه شوهد قبل ذلك ثلاث مرات على الأقل على مدى فترات فاصلة 75 أو 76 سنة. ولم ينشر أي شيء عن ذلك آنذاك، ولعل السبب الأساسي لذلك أن فلامستيد لديه أرصاد أدق كثيرا عن مذنب 1682 ولن يسمح لأحد بالاطلاع عليها (وبخاصة هالي الذي لم يعد على اتصال به). لكن نيوتن كان على علاقة طيبة مع فلامستيد في تلك الفترة، وحاول نيوتن إقناعه بالسماح بكشف المعلومات، لكنه، للأسف، تلقى رسالة من فلامستيد تفيد بأن هالي قد «دمر نفسه تقريبا بسلوكه الطائش»، وألمح إلى سلوكيات «منافية للأخلاق وأكثر من أن نذكرها في رسالة». وليس ثمة دليل على أن هالي كان أكثر طيشا أو لا أخلاقية من معاصريه من أمثال بيبيس أو هوك، لكن الدلائل جميعها تؤكد أن فلامستيد هو الأكثر تزمتا بالقياس إلى معايير عصره وبصورة مبالغ فيها.

وبدا في العام 1696 أن السفينة بارامور على أهبة الاستعداد لبدء الرحلة الاستكشافية، غير أن نكسة غير مفهومة حدثت في اللحظة الأخيرة. إذ في 19 يونيو تلقت هيئة إدارة الأسطول رسالة من هالي تضم قائمة بأسماء الفريق المسافر على متن السفينة، وهم خمسة عشر رجلا وولدان وميدلتون وخادم، وكان هذا مؤشرا واضحا على أن الجميع جاهزون للإبحار. لكن لم نعد نسمع شيئا عن ميدلتون، وتم رفع السفينة

في حوض السفن في أغسطس. وتفيد أفضل التخمينات أن التأخير سببه انســحاب ميدلتون من المخطط (ربما توفي، وإن لم نحط علما بذلك) أو آخر حرب من الحروب الكنسـية مع فرنسا، لكن هذا ترك هالي في وضع غير محسوم أفاد منه نيوتن. ونعرف أن نيوتن، باعتباره رئيس الدار الملكية لسـك النقود، كان مشرفا على إصلاح العملة، وعين هالي نائبا لحسابات الدار في شسـتر. وبدا واضحا أن هــذا هدفه التكريم، ولكن هالي وجده عمــلا مملا، على الرغم من أنه تحمله حتى العام 1698 إلى حين اكتمال عملية إصلاح النقد.

جديــر بالذكر أنه خلال هذه الفترة، وعلى الرغم من وفاة الملكة ماري، لم يفتر الحماس الرسمي للرحلة الاستكشافية، بل زاد، وأصبحت السفينة الآن على وشك الإبحار كسـفينة تابعة للأسطول الملكي تحت رعاية وليام الثالث، ومجهزة بالمدافع وعدد من بحارة الأسـطول. وظل هالي مسـؤولا كمـا هو عن الرحلة. ولذلك تم تعيينه رئيسـا وقائـدا (وهي رتبة أقل من كابتن مباشـرة) في الأسـطول الملكي، وله قيادة السـفينة (مع منحه لقب كابتن كلقب فخري). ويعتبر الشـخص الوحيد من العاملين على اليابسـة الذي تولى مسـؤولية مثل هــذه المهمة مثل كابتن أو قبطان إحدى سـفن الأسطول الملكي. إذ لم يشهد التاريخ الطويل للأسطول سوى حالات قليلة تولى فيها آخرون (بمن فيهم العلماء) تفويضا مؤقتا لقيادة سفينة أو حتى مسـؤولية إدارة شرفية للشـؤون الإدارية (*). وفي 15 أكتوبر، تلقى هالي أوامر تفصيلية للرحلة التي سـتمتد عاما كاملا (ولا غرابة في ذلك، نظرا إلى أنه كتب مسودة بذلك إلى الأدميرالية)، وقبل المغادرة، تهيأت له فرصة لقاء القيصر بطرس الكبير (الذي كان في العشـرينيات من العمر)، وكان في زيارة لإنجلترا لدراسة تقنيات بناء السفن.

وتميـز بطرس بأنه عملي تطبيقي، تعلم كيفية بناء السـفن من خلال العمل بنفسـه في حوض بناء السـفن في دبتفورد. وسـكن في بيت جون إيفلين الذي كاد يدمره بسـبب حفلاته الطائشة. وتناول هالي الغداء معه

(*) الشـيء المؤكد أن هالي له خبرة سابقة بالبحر وشـارك في عمليات مسح الممرات إلى نهر التيمز في أواخر ثمانينيات القرن السـابع عشـر، بما يعني أنه ليس رجل أعمال فوق اليابسـة فقط. غير أن السجل بشأن تفاصيل هذاالجانب من حياته الباكرة خالٍ من أي إشارة.

في البيت في أكثر من مناسبة، وربما شارك بطرس في لعبته المفضلة، وهي دفع الناس في عربة يد سريعة جدا عبر أسوار مزدانة. وبعد رحيل بطرس، طالب إيفلين خزانة الدولة بدفع أكثر من 300 جنيه إسترليني تكاليف الدمار الذي أصاب البيت، وهو ما يعادل نصف تكاليف الملك لإرسال بارامور في رحلة مدتها عام إلى جنوب الأطلسي.

وتحتاج قصة تلك الرحلة التي بدأت في 20 أكتوبر 1698 إلى كتاب وحدها. ويمثل إدوارد هاريسون الضابط برتبة ملازم أول في الأسطول حالة استثنائية لضابط يعمل تحت إمرة قائد كل عمله على اليابسة، ويقارب الثانية والأربعين من العمر. وتطورت الأمور بين الاثنين إلى الحد الذي دفع هاريسون إلى الانسحاب إلى غرفته، وذلك في ربيع العام 1699، والسفينة تقترب من جزر الهند الغربية، تاركا هالي ليتولى وحده مهمة التوجيه الملاحي للسفينة. وواضح أنه كان يأمل أن يرتكب القبطان إحدى الحماقات بنفسه. لكن هالي لم يقع في خطأ من هذا بل أبحر بالسفينة عائدا إلى الوطن برباطة جأش فائقة، ليصل في 28 يونيو. وبعد إنجاز بعض المهام الخاصة بالعمل والتخلي عن أعمال كتابية خاصة بالجمعية الملكية، عاد إلى البحر في 16 سبتمبر من دون صحبة هاريسون. وأجرى عمليات رصد مغناطيسية على امتداد الرحلة حتى درجة 52 جنوبا (تكاد تصل إلى مستوى الطرف النهائي لأمريكا الجنوبية)، وعاد مكللا بغار النصر في 27 أغسطس 1700م.

وعلى الرغم من أن هالي استعاد وضعه السابق زميلا للجمعية الملكية، فإنه لم يقطع علاقته بالأسطول أو بالعمل الحكومي. وفي العام 1701، ركب السفينة بارامور لدراسة حركات المد والجزر على ضفة القناة الإنجليزية، لكنه كان يضمر جدول أعمال آخر، على ما يبدو الآن، وهو إنجاز عمليات مسح سرية للممرات الواصلة إلى الموانئ الفرنسية والتجسس على الدفاعات البحرية في الموانئ. وسبق إرسال هالي في العام 1702، وكانت الملكة آن لاتزال على العرش، مبعوثا إلى النمسا في مهمة ظاهرها استشاري في شؤون التحصينات البحرية في البحر الأدرياتيكي (إذ كانت الإمبراطورية النمساوية تمتد جنوبا إلى هذه الحدود). ويبدو

أن هالي خلال هذه الرحلة، ورحلة أخرى مكملة لها، قام بعمليات تجسس سـريعة (وحصل في يناير العام 1704 على مبلغ متواضع مقابل خدمات غير محـددة أجراها بدقة، وتلقى المبلغ من ميزانية الخدمات السـرية)، وتنـاول الغداء في الرحلة الثانية في هانوفر على مائدة الملك المقبل جورج الأول ووريثه.

يتنبأ بعودة المذنب

قبيل عودة هالي من بعثته الدبلوماسـية الثانية، توفي أسـتاذ الهندسة بجامعة أكسفورد. لكن هذه المرة، حيث أصبح أصدقاء هالي يشغلون مناصب رفيعة، فضلا عن سـجل خدماته للتاج، لم يعد ثمة ما يدعو إلى التساؤل في أن يحل هالي مكان أسـتاذ الهندسـة، حتى إن اعترض فلامستيد بحجة أن هالي «أصبح الآن يتكلم ويقسـم ويشـرب البراندي شأن أي قبطان بحري». لقد كان في نهاية الأمر قبطانا بحريا، واستشعر بهجة كبيرة، إذ يشيرون إليه في أكسـفورد بعبارة كابتن هالي على الأقل حتى العام 1710، عندما أصبح، وبعد أن تأخر كثيرا، دكتور هالي. وتم تعيينه في كرسـي أسـتاذية الهندسة العـام 1704، وبعد عـام (وقد يئس تماما من إمكانيـة الحصول على مزيد من المعلومات الدقيقة من فلامسـتيد)، نشر كتابه «موجز علم فلك المذنبات» (A Synopsis of the Astronomy of Comets). وهـذا هو العمل الذي يمثل أفضل ما يذكره به العالم. وتنبأ فيه بأن مذنب العام 1682 سـوف يعود إلى الظهور، التزاما بقوانين نيوتن، نحو العام 1758، وظل هالي نشطا للغاية في مجـال العلم بعد العام 1705، لكن على الرغم من هذا نجد عملا واحدا هو الـذي يتميز عن كل إنجازاته الأخرى. وسـبب ذلك عودته إلى الموضوع الذي صنع له اسما لأول مرة، ألا وهو دراسة مواقع النجوم.

يبرهن على أن النجوم مستقلة الحركة

منـذ أن بـدأ هالي رحلتـه الاستكشـافية الأولى، وعلـى الرغم من كل التعرجات والتقلبات التي صادفها فـي حياته العملية، والتي عرضناها، كان فلامسـتيد طوال هذه الفترة لا يكف عن بذل جهود مسـتميتة لإنجاز المهام

التي أنشئ من أجلها مرصد غرينتش الملكي، وهي إعداد المزيد من الجداول الفلكية الدقيقة لتكون عاملا مساعدا في الإبحار. لكن فلامستيد لم ينشر عمليا أي شيء من هذا، زاعما أن السبب أن التاج لم يدفع له سوى مبلغ رمزي، وأنه اضطر إلى أن يعمل بأدواته هو الخاصة، ومن ثم فإن المعلومات ملك خاص له، وله أن يحتفظ بها ما شاء ذلك (*). وفي العام 1704، حاول نيوتن باعتباره رئيس الجمعية الملكية، إقناع فلامستيد بتقديم بعض مقاييسه والشروع في طبع جدول جديد يصف مواقع النجوم. لكن هذا توقف بسبب اعتراضات فلامستيد وزعمه امتلاك المعلومات. ولم يكن من سبيل لحسم الأمر إلا عن طريق السلطة الملكية، وأصدرت الملكة آن في العام 1710 أمرا بتعيين نيوتن ومن يختارهم من زملاء الجمعية الملكية للعمل بصفة مجلس زائرين للمرصد، ولهم سلطة مطالبة فلامستيد بتسليم كل المعلومات المتوافرة لديه حتى الآن، وتقديم ما لديه من نتائج سنوية في حدود ستة أشهر من تاريخ نهاية كل سنة (**). طبعا، لم يكن بوسع فلامستيد معارضة أوامر الملكة. وصدر قرار بتعيين هالي لتنظيم وترتيب جميع المواد، وكانت النتيجة صدور أول نسخة من كتاب فلامستيد «وصف مواقع النجوم» في العام 1712، وليست هذه آخر المنازعات، إذ صدرت نسخة دقيقة وموثقة في العام 1725، أقرها بشكل أو بآخر فلامستيد، وتولت نشرها أرملته بعد وفاته بستة أشهر، وتضمن الوصف مواقع نحو 3 آلاف نجم وبدقة تصل إلى 10 ثوان من المسار الظاهري للجرم السماوي، ويعتبر في الحقيقة أفضل الكتب الصادرة في هذا التخصص خلال تلك الفترة، بحيث يزهو كل امرئ راجح العقل بأنه رأى في حياته مثل هذا المطبوع.

ونعرف أن هالي استطاع قبل هذا بوقت طويل العمل مع فلامستيد لإنجاز الموضوعات الباكرة، ومن ثم عمد إلى مقارنة مواقع النجوم عند فلامستيد مع مواقع النجوم في وصف موجز لها وضعه هيباركوس في القرن الثاني قبل الميلاد. وتبين له أن أغلبية مواقع النجوم التي وصفها

(*) يذكرنا هذا بزعم بعض الباحثين العاملين لحسابهم الخاص أنهم «يمتلكون» حقوق براءة اختراع الجينات البشرية، وهذا زعم مضحك يشبه ادعاء المرء أن له براءة اختراع شجرة أو الشمس.

(**) يوضح هذا مدى تباطؤ فلامستيد، حيث نعلم أن المرصد أقامه تشارلز الثاني والذي خلفه جيمس الثاني، ومن بعده وليام وماري، وكل هؤلاء قبل آن، التي أزاحت العقبة.

الإغريق تتماثل حتى تكاد تتطابق مع الوصف الذي وضعه فلامستيد لمواقع النجوم، والمتميز بدقته. ورأى أن المواقع التي قاسها فلامستيد تختلف في حالات قليلة جدا، لكن بقياسات مغايرة، عن التي تمت منذ ألفي سنة. وليس بالإمكان تفسير هذا الاختلاف على أنه أخطاء من جانب الأقدمين (خاصة أن المواقع الأخرى كانت صحيحة في حدود أخطاء التقنيات التي استخدمها الإغريق). مثال ذلك أن النجم «أركتوروس» Arcturus (نجم ساطع يسهل مشاهدته) شوهد مرتين في القرن الثامن عشر، وبدا حجمه ضعف حجم القمر بدرا (أكثر من درجة من قوس الدائرة)، بعيدا عن الموقع الذي سجله الإغريق. والنتيجة الوحيدة هنا هي أن هذه النجوم تحركت ماديا عبر السماء منذ زمن هيباركوس. ويمثل هذا المسمار الأخير في نعش فكرة الفلك البلوري - أول دليل مباشر ومشاهد يؤكد خطأ فكرة أن النجوم مصابيح صغيرة مضيئة وملحقة بفلك أكبر قليلا من فلك زحل (ولنتذكر أن أورانوس ونبتون لم يكتشفا بعد وقتذاك). كذلك فإن الدليل على أن النجوم تتحرك في علاقة نسبية بين بعضها وبعض هو أيضا دليل على أن النجوم تقع على مسافات مختلفة تفصلها عنا، وأنها منتشرة عبر الفضاء في أبعاد ثلاثة. وأضفى هذا الدليل مصداقية على فكرة أن النجوم هي شموس أخرى، وأنها تبعد عنا بمسافات هائلة، مما يجعلها تبدو لنا وكأنها نقاط ضوء دقيقة - وكان لا بد من الانتظار أكثر من مائة سنة لحين عمل قياس مباشر لأول مرة لقياس المسافات الفاصلة بيننا وبين أقرب النجوم إلينا.

وفاة هالي

توفي فلامستيد العام 1719، بينما كان هالي في الثالثة والستين من العمر، وخلفه في منصب الفلكي الملكي أو فلكي البلاط (إذ تم تعيينه رسميا في 9 فبراير 1720). وبعد شغله المنصب (بدعم مالي رسمي هذه المرة)، نقلت أرملة فلامستيد جميع الأجهزة والأدوات التي سبق أن اشتراها زوجها الراحل، ونفذ هالي، وهو في سن متقدمة، برنامجا كاملا من أعمال الرصد من بينها رصد دورة كاملة على مدى ثماني عشرة سنة للحركات

القمرية (أخيرا، تم إنجازها، لكنها جاءت متأخرة جدا لحل مشكلة الملاحة البحريـــة، نظرا إلى اختراع أجهزة كرونومتـــر محمولة)، واطمأن باله وهو في ســـن الشـــيخوخة، إذ حصل على معاش يعادل نصـــف راتبه البحري، نظرا إلى أنه عمل ضابطا بحريا ســـابقا في خدمة استمرت أكثر من ثلاث سنوات. وعلى الرغم من وفاة زوجته في العام 1736، وإصابة هالي نفسه بجلطـــة خفيفة حول هذه الفترة، فقد واصـــل عمليات الرصد إلى ما قبل وفاته بوقت قصير في 14 يناير 1742، ووافته المنية بعد بلوغه الخامســـة والثمانين بقليل. لكن حتى بعد وفاة هالي، ظل اثنان من أهم وأعظم أعمال الرصد التي أنجزها نافذة، ويواصل آخرون العمل بها.

وظهر، كما تنبأ هالي، للمرة الثانية الجرم الســـماوي المعروف لنا الآن باسم مذنب هالي، وشوهد ثانية لأول مرة في ليلة عيد الميلاد 1758، هذا على الرغم من أن علماء الفلك الآن يحددون تاريخ مرور المذنب من أقرب نقطة له مع الشمس، والتي حدثت في 13 أبريل 1759، ويمثل هذا تأكيدا رائعا لمصداقية نظرية نيوتن عن الجاذبية وقوانين الميكانيكا التي عرضها فـــي كتابه «برينكيبيا»، مثلما يمثل إقـــرارا نهائيا باعتماد إنجاز نيوتن وهو ما ســـوف يحدث على المنوال نفسه بعد 160 سنة، إذ سيتم رصد خسوف كامل للشـــمس ليكون بمنزلة إقرار نهائي لمصداقية نظرية النسبية العامة لألبرت إينشتين. وفي العامين 1761 و1769 تم - كما تنبأ هالي - رصد دائـــرة العبور الأولى لكوكب الزهرة من أكثر من ســـتين محطة أرصاد في مختلـــف أنحاء العالم. جدير بالذكر أنه اســـتخدم تقنيات صنعها هو منذ نصف قرن مضى لتحديد المســـافة الفاصلة بين الأرض والشمس وخلص إلى أنها تساوي 153 مليون كيلومتر، وهو رقم قريب جدا على نحو مذهل من أفضل قياس حديـــث وقدره 149.6 مليون كيلومتر. وهكذا قدم هالي آخر أعظم إسهاماته العلمية بعد وفاته بسبع وعشرين عاما، أو بعد واحد وتســـعين عاما من تاريخ أول ظهور مفاجئ له على مســـرح علم الفلك مع قائمـــة وصف مواقع النجوم الجنوبية، وبعد 113 ســـنة من تاريخ ميلاده، وهذه يقينا أطول الفترات التي ســـجلها التاريخ للإنجاز «النشـــط». ورحل عن العالم وهو على وشك فهم العظمة الحقيقية لمدى الزمان والمكان والتي

تم اســتخلاصها من دراســات عن الكون الطبيعي، وهذه هي الموضوعات التي ستصبح ســريعا (خاصة ما يتعلق منها بالزمان) ذات أهمية محورية لفهم أصول نشأة التنوع بين أنواع كائنات عالم الأحياء.

جدير بالإشارة إلى أن إيرازموس داروين، الذي يمثل الشخصية الأولى في قصة التطور بفضل قدراته الخاصة، فضلا عن أنه جد تشارلز داروين، ولد ســنة 1731، وقتما كان هالي لايزال في عنفوان نشــاطه كعالم فلك ملكي، وبعد أن مات نيوتن بأربع ســنوات فقط. بيد أننا لكي نهئ المســرح جيدا لمناقشــة التطور علــى نحو ملائم وصحيح تلزمنا عــودة إلى القرن السابع عشــر حيث نلتقط أول أطراف القصة من خلال أعمال فرنسيس ويلوغبــي، عالم الطبيعــة الذي ألف كتابا عن الأســماك، وكلف الجمعية الملكيــة الكثير، حتى تركها في أزمة مالية قاســية مما اضطر معها هالي إلى تحمل نفقات إصدار الكتاب «برينكيبيا».

جون راي وفرنسيس ويلوغبي:

الدراسة المباشرة عن الكائنات النباتية والحيوانية

لكن كتاب ويلوغبي يتصف بخاصيتين أساسيتين. أولا، ظل في حالة موات علــى مدى أربعة عشــر عاما بعد صدوره العام 1686، ثانيــا، أنه لم يؤلفه. والســبب في صدور الكتاب أصلا، بغض النظر عن صدوره باســم ويلوغبي، هو مشاركته مع أعظم علماء الطبيعة في القرن السابع عشر، وهو جون راي، الذي قدم أكثر مما قدم أي إنســان آخر من أجل إرســاء أسس لدراسة عالم الطبيعة دراســة علمية. ونجد أحيانا من يصور راي على أنه معادل نيوتن في علــم الأحياء، حيث إنه نظم العالــم الطبيعي مثلما نظم نيوتن عالم الفيزياء. لكــن وضعه في الحقيقة أشــبه بوضع تيشــو، إذ أجرى عمليــات الأرصاد الفلكيــة التي جاء آخرون من بعده ليتخذوها أساســا يبنــون عليه نظرياتهم ونماذجهــم لبيان كيف يعمل عالم البيولوجيــا (*)، وإن المكان الصحيح الذي

(*) المرشــح الحقيقي في مجال البيولوجيا ليكون نظيرا لنيوتن هو تشــارلز داروين، وحقيقة أن كتاب داروين العظيم صدر بعد نحو 150 سنة من وفاة نيوتن تعكس مدى تخلف علوم البيولوجيا عن علوم الفيزياء (جزئيا لأســباب نفســية، نظرا إلى إحجام الناس عن قبول أنفسهم موضوعا حقيقيا للبحث العلمي) في نهاية القرن السابع عشر.

يحتلــه ويلوغبي من القصة أنه الصديق والراعي والمشــارك في العمل لراي، ومــن ثم فإن البداية الصحيحة للقصة هي أن نبدأ بالحديث عن راي، المولود في قرية بلاك نوتلي في إسكس في 29 نوفمبر العام 1627، وهو أحد أبناء ثلاثــة لحداد القريــة روجر راي، وهو عضو مهم فــي المجتمع المحلي، ولكنه يقينــا لم يكن ثريا. وكانت أمه، وتدعــى إليزابيث، أقرب إلى كونها أخصائية أعشاب وطب شــعبي، إذ استخدمت النباتات في علاج مرضى القرية. وثمة تهجيات مختلفة لاســم العائلة في ســجلات الأبرشية، وإن كان النطق واحدا راي. واشتهر اسم جون نفسه برسم محدد Wray، وذلك منذ التحاقه بجامعة كيمبريدج حتى العام 1670، عندما عاد إلى الرســم القديم للاسم Ray، إذ ربما أضيف الحرف W خطأ عند تســجيل الاســم للالتحاق بالجامعة وحال الخجل دون تصحيح الخطأ وقتذاك.

وتعكــس لنا قصة التحاقه بجامعة كيمبريدج بشــكل ما قصة إســحق نيوتن في ســنواته الباكرة، وإن لم تشتمل على صدمة انفصاله عن أمه أو مــوت أبيه. وكان واضحا أنه صبي متوقــد الذكاء، يتمتع بقدرات تفوق ما يمكن أن يتعلمه في مدرسة القرية. ويبدو أنه استفاد من راعيين في كنيسة بلاك نوتلي توســما فيه قدرات متميزة واهتمامــا بالتعليم، الأول توماس جــود، المتوفى في العام 1638، وخليفته جوزيــف بلوم، خريج كيمبريدج، وتولى على الأرجح مســؤولية إلحاق راي بالمدرسة الابتدائية في برينتري للدراســة. وقدمت المدرسة تعليما بسيطا فيما عدا الكلاسيكيات، وحصل راي على دراسة شاملة ودقيقة للغة اللاتينية، حتى أنه كتب باللاتينية جل أعمالــه تقريبا - ويمكن القول إنه من نــواح كثيرة أجاد اللاتينية أكثر من الإنجليزية. لكن في مدرسة برينتري لفت راي نظر كاهن آخر، هو قسيس برينتري خريج كلية ترينتي (*). ويرجع إليه الفضل في التحاق راي بجامعة كيمبريدج في العام 1644 وعمره ستة عشر عاما ونصف العام.

ولم يكن أمام أسرة راي من سبيل لدفع تكلفة التعليم في جامعة، ويبدو أن هذا تسبب في مشكلة. والتحق راي بكلية ترينتي كطالب عامل أو خادم في 12 مايو 1644، مع وعد، فيما يبدو، بمنحة دراسية من نوع يرتب لها

(*) اسم القسيس صمويل كولينز، وهو غير صمويل كولينز الأكثر شهرة الذي عمل رئيسا لكلية كينغز في كيمبريدج.

صمويل كولينز، لكن يبدو أن هذا لم يتحقق، مما أدى إلى ممارسة بعض الضغوط ليتحول راي إلى قاعة كاثرين في 28 يونيو، وقد حدث ذلك لأن رسائل الضغط التي كان بوسع قسيس برينتري أن يستخدمها متصلة بوصية خاصة بمنحة لمن يشغل هذا المنصب، وتشترط أن تكون لحماية «الدارسين الفقراء الواعدين من طلاب جامعة كيمبريدج، وتحمل اسم قاعة كاثرين وكلية إيمانويل. ونلحظ أن راي التحق بكلية ترينتي باسم راي، جون، سيزار (Ray, John, Sizar)، بينما التحق بقاعة كاثرين باسم راي، طالب (Ray, a Scholar)، وربما شعر بالاطمئنان للاستقرار في مقعد دراسي فلم يلتفت إلى تهجئة أحرف اسمه.

ولم تكن هذه الأيام بالنسبة إلى جامعة كيمبريدج أياما هادئة، إذ هي ذروة الحرب الأهلية والمشكلات المترتبة عليها، أحكم الجناح البرلماني (المتزمت) قبضته على المنطقة، بينما واجه الملكيون (أو حتى المناهضون للملكية، ولكنهم ليسوا متزمتين تماما) خطر احتمال طردهم من مناصبهم في الجامعة. وهذا هو ما حدث لرئيس قاعة كاثرين في العام 1645، كما حدث أيضا جزئيا نتيجة الانتفاضات التي تسببت فيها الحرب (وأيضا بسبب أن قاعة كاثرين من أقل الأكاديميات استنارة وقتذاك)، وغير راي وضعه وعاد ثانية إلى كلية ترينتي في العام 1646 - واشتهر عنه في تلك الفترة أنه طالب متميز - ورحبت ترينتي بعودته. وانعقدت هناك صداقة قوية بينه وبين إسحق بارو (الذي سيعمل مستقبلا أستاذا لوكاسيا)، وهو طالب زميل انتقل أيضا إلى ترينتي (من بيترهاوس)، بعد فصل رئيس كليته القديمة، وكان بارو ملكي الاتجاه (وهو ما يفسر سبب بروزه وتميزه في كيمبريدج بعد عودة الملكية)، بينما راي بيوريتاني (متزمت) المذهب، ولكن الاثنين أصبحا صديقين واقتسما معا مجموعة غرف.

لكن على الرغم من أن راي بيوريتاني النزعة، فإنه لم يتبع خط الحزب الرسمي تبعية عمياء. وهذا ما من شأنه أن يؤثر تأثيرا عميقا في حياته بعد ذلك. ولقد كان من العلامات الظاهرة للتماثل البيوريتاني الانتماء لمجموعة من الأفكار المعروفة باسم «الميثاق»، وكأنه العلامة المميزة للمذهب المشيخي. وسبق للميثاق الأصلي الموقع عليه من قبل رجال

الكنيسة الإسكوتلندية العام 1638 أن رفض محاولات كل من تشارلز الأول ووليام لود، ثم أسقف كانتربري، لفرض ممارسات كنيسة إنجلترا، لاعتقاد أصحـــاب الميثاق أنها قريبة للغاية من الكاثوليكية، على أرض إســـكوتلندا، وأكدوا (أو أكدوا ثانية) العقيدة الاصلاحية والمبادئ المشـــيخانية للكنيسة الإســـكوتلندية. والمعروف أن الإسكوتلانديين ســـاندوا البرلمان في المرحلة الأولى من الحرب الأهلية الإنجليزية بناء على شـــرط رئيســـي، وهو قبول الميثـــاق، مع وعـــد أن يعمل البرلمان على إصلاح الكنيســـة الإنجليزية وفق النهج المشـــيخاني (أي وفـــق الميثاق) وهو ما يعني (من بـــين أمور أخرى) إلغاء الأســـاقفة (*). وصادق كثيرون رســـميا على الميثاق بناء على اعتقاد ديني أصيل، هذا بينما صادق آخرون، كعملية شكلية فقط، بغية تجنب أي صراع مع السلطات. لكن ثمة أشخاصا من مثل راي رفضوا تماما التوقيع الشـــكلي، حتى وإن كانوا متعاطفين مع القضية البيوريتانية. ونجد آخرين، مثـــل بارو، رفضوا التوقيع من حيث المبـــدأ، حتى وإن أدى ذلك إلى تدمير آمالهم في حياتهم العملية.

وأول النتائج الشـــخصية لهذه الإصلاحات بالنســـبة إلى راي هي أنه لم يحصل على منصب كنســـي، على الرغم من أنه تخرج في العام 1648 وأصبح زميلا في العام التالي لكلية ترينتي (في اليوم نفســـه الذي انتخب فيه بـــارو للزمالة)، ذلك لأن كلية ترينتي، مثلها مثل المؤسســـات الأخرى، تؤمن بأنه في حالة عدم وجود أساقفة تنتفي الوسيلة الشرعية لكي يصبح أي شـــخص كاهنا، وبذلك ســـقط التكليف، هذا علـــى الرغم من أن راي عبر دائما عن نيته في التماس وســـيلة لرســـالته كاهنـــا، وأن ينذر حياته للعمل الكنســـي. وتولى راي على مدى الاثنتي عشـــرة سنة التالية، أو نحو ذلـــك، عدة مناصب تعليمية على التوالي، مثل محاضر في اللغة اليونانية، ومحاضر في الرياضيات، ومحاضر في الإنســـانيات، علاوة على الخدمة في عديد مـــن الوظائف الإدارية في الكلية. وأصبح الآن آمنا تماما، حتى أنـــه عند وفاة أبيه في العام 1655 اســـتطاع الحصول على بيت متواضع

(*) وفـــي ظل الفوضـــى الضاربة أطنابها والمروعة التي حدثت بســـبب الحـــرب الأهلية، أعلن الأســـكوتلنديون تأييدهم لأن كلا من تشارلز الأول وتشارلز الثانى قبلا الميثاق بعد ذلك. بيد أن هذا ليس له دور فيما يتعلق بتاريخ العلم.

تم بناؤه لأمه في بلاك نوتلي، فضلا عن مساندتها في ترملها (إذ يبدو أن أشقاءه ماتوا صغارا). ومارس أثناء أدائه مهامه في الكلية حقه، مثله مثل كل الزملاء، في دراسة كل ما يحلو له. وبدأ اتساقا مع هذه الحرية يوجه اهتمامه إلى علم النبات. واستحوذ على انتباهه الفوارق الموجودة بين النباتات، ولم يجد من يعلمه كيفية تحديد الفوارق والأنواع المختلفة. ومن ثم عمد إلى وضع تصنيف خاص به، مشجعا كل مساعدة من جانب الطلاب الراغبين في الانضمام إليه. ومن هنا ظهر ويلوغبي على الساحة.

ظهر فرنسيس ويلوغبي من خلفية مغايرة تماما عن خلفية راي. ولد العام 1635، وهو ابن لأب يحتل أدنى درجات سلم الأرستقراطية، واسمه سير فرنسيس ويلوغبي من ميدلتون هول في مقاطعة وورويكشاير، وأمه هي ابنة أيرل لندندوري الأول، ولم يكن عامل المال قط مشكلة في حياة الصبي فرنسيس، ومع حالته المادية الميسورة، وتمتعه بعقل حاد، واهتمامه بالعالم الطبيعي، أصبح ويلوغبي في زمانه واحدا من أبرز العلماء الهواة، وسوف يصبح أحد الزملاء المؤسسين للجمعية الملكية وهو في سن الخامسة والعشرين. والتحق بجامعة كيمبريدج العام 1652، وسرعان ما أصبح واحدا من أعضاء دائرة راي المعنيين بدراسة الطبيعة، فضلا عن كونه صديقا حميما للرجل الذي يكبره سنا. وبدأت أولى الثمار العلنية لاهتمام راي بالنباتات في العام 1660 (بعد سنة من حصول ويلوغبي على الماجستير)، وظهرت مع صدور كتابه «فهرست كيمبريدج» (Cambridge Catalogue) (*) الذي يصف الحياة النباتية في المنطقة المحيطة بالجامعة. ويبدو أنه كان يتطلع ليكون أحد الأكاديميين المبرزين في كيمبريدج، بيد أن كل شيء تغير مع عودة الملكية.

وبدأت الأمور تتغير في العام 1658، عندما قررت السلطات في كلية ترينتي ضرورة رسامة الزملاء قساوسة. وأحجم راي عن ذلك، حتى مع عرض منحه فرصة الحياة في شيدل العام 1659، إذ رأى أن ليس من الأخلاق في شيء أن يقسم الأيمان المطلوبة، ولو على نحو شكلي خالص، وطلب منحه فرصة ليستفتي ضميره ويقرر ما إذا كان يريد فعلا

(*) تأتي الإشارة عادة إلى كتبه بعناوينها الإنجليزية على الرغم من أنه ألف أغلبيتها باللاتينية.

إلزام نفسه بخدمة الرب وفقا للقواعد التي تشير إليها هذه الأيمانات. وفي صيف 1660، وهي فترة عودة الملكية، كان راي لايزال غير مستقر على رأي بينما هو مستمر في رحلاته في شمال إنجلترا وإسكوتلندا بصحبة ويلوغبي يدرسان الحياة النباتية والحيوانية (*). وعند عودته إلى كيمبريدج وجد أن كثيرين من زملائه البيوريتان تم فصلهم وإحلال ملكيين محلهم، ووجد أيضا أن الطقوس الكنسية القديمة التي اعتاد أن يزدريها باعتبار أنها غير ذات مضمون عادت كما كانت، مثلما عاد معها الأساقفة. وتوقع أن يفقد مكانه في كيمبريدج، لذلك آثر البقاء بعيدا. لكن كان هناك من حضوه على العودة إلى كيمبريدج، حيث يحظى بتقدير كبير كزميل، على أي حال انتهى الأمر بأن بقي من دون التصديق على الميثاق. واقتنع بانتمائه إلى الجامعة، ومن ثم عاد والتزم بشرط رسامته قسيسا، وسمح له أسقف لينكولن قبل نهاية العام برسمه قسيسا. وفي العام 1661 رفض عرضا لحياة ثرية في كيركباي لونسديل مفضلا عليه العمل في الجامعة.

وتبدلت الحال. إذ على الرغم من أن تشارلز الأول أقسم يمين الولاء للميثاق كإجراء من قبيل المصلحة السياسية خلال الحرب الأهلية، فإن ابنه لم تتوافر لديه النية بالالتزام بالقسم، خصوصا أنه الآن في السلطة. ولم ير أي سبب لإجبار امرئ ما على الالتزام بمثل هذا القسم. لذلك، صدر في العام 1662 «قانون التوافق» (Act of Uniformity) الذي يطالب جميع الكهنة وشاغلي المناصب في الجامعة بالإعلان عن أن قسم الالتزام بالميثاق غير شرعي، وأن كل من أقسم اليمين ليس ملتزما به. وانضم أغلبية الناس إلى حركات إقرار قانون التوافق. لكن راي كان يحمل مشاعر قوية تجاه أيمان القسم، ولا يقبل بأن يكون للملك (أو لأي إنسان آخر) الحق في إسقاطها على هذا النحو. وعلى الرغم من أنه هو نفسه لم يصدق على الميثاق فإنه يرفض الإعلان رسميا أن من أقسموا اليمين مخطئين، وأن أيمانهم غير قانونية ومن ثم غير ملزمة. وإذا به الزميل الوحيد في ترينتي الذي رفض طاعة تعليمات الملك، وهو واحد من بين اثني عشر فقط في كل الجامعة (ولنتذكر أن المتعاهدين المتمسكين في

(*) وظهرت ثمار هذه الرحلات الاستكشافية وغيرها في مختلف أنحاء البلاد وقوائم التصنيف المختلفة في كتاب «فهرست التصنيف الإنجليزي» (English Catalogue) في العام 1670م.

عناد بالميثاق سبق طردهم في العام 1660). استقال في 24 أغسطس من جميع مناصبه، وأصبح كاهنا عاطلا. وليس في وسعه كقسيس أن يحترف عملا دنويا، لكنه أيضا لا يستطيع ممارسة عمل قسيس، نظرا إلى أنه منشق على الكنسية. وعاد إلى بيت أمه في بلاك نوتلي صفر اليدين من أي توقعات مستقبلية، غير أن صديقه ويلوغبي أنقذه من حياة فقر لم يكن يعرف لها مخرجا.

وفي العام 1662، قام كل من راي وويلوغبي وفيليب سكيبون، أحد تلامذة راي، برحلة استكشافية ميدانية أخرى، وقصدوا هذه المرة غرب إنجلترا لتطوير دراساتهم عن الأحياء الحيوانية والنباتية كما هي في طبيعتها البرية. وهكذا كانوا روادا للفكرة القائلة إن المعارف التي نستقيها مباشرة من بيئة وموئل الأنواع الحية هي معارف حيوية لأي فهم صحيح لشكلها الفيزيقي وأسلوب حياتها. وتأسيسا على ذلك فإن أي مخطط تصنيفي لا بد أن يضع في الاعتبار السلوك المشاهد ميدانيا، من دون الاعتماد بشكل كامل على العينات المحفوظة في المتحف. وقرروا في رحلتهم هذه أنه مادام أن راي لا تشغله الآن أي التزامات أخرى، فإنهم سيقومون برحلة موسعة إلى القارة الأوروبية، حيث يتولى ويلوغبي مهمة دراسة الطيور والوحوش والأسماك والحشرات (ويشمل مصطلح الحشرات وفق استخدامه وقتذاك كل ما هو ليس بطير أو وحش أو سمك)، وكذلك أن يركز راي كل اهتمامه على الحياة النباتية. وأضيف إلى الوفد شخص آخر من ترينتي يدعى ناتانييل بيكون، الذي أبحر من دوفر في أبريل 1663، وقد تكفلت مجموعاته بنفقات راي بطبيعة الحال، وشملت أسفارهم كلا من شمال فرنسا وبلجيكا وهولندا وأنحاء من ألمانيا وسويسرا والنمسا وإيطاليا وذلك قبل أن يتركهما ويلوغبي وبيكون ويعودان إلى الوطن في العام 1664، وقدم ويلوغبي تقريرا عن هذا الجزء الأول من الرحلة الاستكشافية إلى الجمعية الملكية في العام 1665، وزار راي وسكيبون في هذه الأثناء كلا من مالطا وصقلية، ثم سافرا عبر وسط إيطاليا ومكثا فترة في روما (حيث أجرى راي بعض عمليات الرصد للمذنب، ونشرتها الجمعية الملكية في فيما بعد)، وعادا بعد ذلك إلى أرض الوطن عن طريق

شـــمال إيطاليا وسويسرا وفرنســـا، ووصلا إلى إنجلترا في ربيع 1666، وأعد راي وسكيبون تقارير تفصيلية عن سفراتهما وعن الأقطار التي مرا بها. لكن كان هدفهما الأول الأساســـي دراســـة عالم الأحياء، وأوضحا أن هذه الرحلة زودتهما بكم وفير من المعلومات الأولية لتكون مادة لأعظم كتب راي، ولتحقيق شهرته التي استمرت أبدا. وقيل إن الرحلة إلى أوروبا تعادل بالنسبة إلى راي رحلة السفينة بيغل لتشارلز داروين، وأن ترتيب المعلومات والعينات وفق نظام محدد اســـتلزم مـــن راي، مثلما هي الحال مع داروين، سنوات كثيرة لكي يستخلص النتائج، ولكنها تستحق كل هذا الانتظار.

وتوافرت لراي مع عودته إلى إنجلترا صورة ذهنية شاملة عن عالم الأحياء، كمـــا توافر له الحصول على أعداد ضخمة من العينات، فضلا عن الرســـوم التخطيطية وغير ذلك من مشـــاهدات جمعها بنفســـه هو ورفاقه. إنها فترة خصبـــة في حياة العلم في إنجلترا، مصحوبة بـــأول ازدهار للجمعية الملكية، وحرص راي على الاطلاع على كتاب هوك «الرســـم الميكروســـكوبي»، وعمل بـــدأب ونهم لتحقيق ذلك، فضلا عن كتب بويل الأولى. إذ لم تكن لديه قاعدة يستند إليها وينظم على هديها معلوماته وبياناته وأفكاره. وقضى بضعة شهور بعـــد ذلك مع العديد من الأصدقاء ذوي التوجهات المتباينة، كما قضى شـــتاء 1666 - 1667 مـــع ويلوغبـــي في ميدلتون هول (حيـــث كان ويلوغبي رئيس البيت، بعد وفاة سير فرنسيس)، وذلك لوضع المجموعات المتوافرة لديهم في شـــكل منظم وفق ترتيب ما. وتطور هذا تدريجيا إلى علاقة دائمة. وســـافر راي وويلوغبي ثانيـــة إلى غرب إنجلترا في صيف 1667، وقام راي برحلات استكشافية أخرى على مدى بضع سنوات تالية، ولكنه أصبح القسيس الخاص لويلوغبي في ميدلتون هول، مما أضفى صفة رســـمية على وضعه في البيت. ومـــع نهاية العام 1667 أُنتخب أيضا زميلا للجمعية الملكية، وأعفته الجمعية من رسوم العضوية اعترافا منها بظروفه غير العادية.

ويبـــدو أن راي وهو في ســـن الأربعين وجد موطنا آمنـــا للحياة (علما بأن ويلوغبـــي أصغر منه بثماني ســـنوات) وتوافـــرت فرصة كبيـــرة لتنظيم ثروة المعلومات التي جمعها لكي ينشـــرها، بالاشـــتراك مع ويلوغبي، في سلسلة من الكتب تصنع فهرســـتا لعالم الأحياء. وفـــي العام 1668، تزوج ويلوغبي بوريثة

تدعى إما برناد، وسرعان، شأن كثير من الزيجات في تلك الأيام، ما أنجب سلسلة متوالية من الأطفال، فرنسيس، وكاسندرا، وتوماس (الذي ورث بعد وفاة أخيه الأكبر، وهو في التاسعة عشرة من العمر، جميع الأراضي والعقارات، ثم منحته بعد ذلك الملكة آن لقب لورد ميدلتون). ولكن في العام 1669، وبينما كان في زيارة هو وراي لمدينة شستر، أصيب ويلوغبي بحمى قاسية. وهنت صحته وضعف جسمه حتى منتصف العام 1670، ثم بدا وكأنه استعاد نفسه وصحته السابقة في العام 1671، لكن عاوده المرض ثانية العام 1672 بشكل خطير، وتوفي في يوليو وهو في السابعة والثلاثين. وتولى راي مع أربعة آخرين مهمة تنفيذ وصية ويلوغبي الذي ترك له استثمارا يغل عائدا سنويا قدره 60 جنيها إسترلينيا. وعهد إليه بمسؤولية تعليم ابني ويلوغبي (إذ كان من المسلم به آنذاك أن البنات لسن في حاجة إلى تعليم). وتحمّل راي هذه المسؤوليات بجدية تامة، وكف عن عمل رحلات استكشافية جديدة، واستقر في ميدلتون هول، ونذر وقته لكتابة ثمار عمله هو وويلوغبي في الماضي.

ولم يكن وضعه مريحا كما يبدو في ظاهره، ذلك لأن أرملة ويلوغبي لم تكن تحبه وعاملته معاملة أقرب إلى الخدم، وليس باعتباره صديقا لزوجها الراحل. وخفت حدة التوتر أول الأمر بفضل تأثير أم ويلوغبي، السيدة كاسندرا، التي كانت أكثر قبولا له. لكن بعد وفاتها في العام 1675، أصبحت يد إم ويلوغبي طليقة، وسرعان ما تزوجت جوسيا تشايلد، وهو رجل باهظ الثراء وصفه راي بقوله «جشع طامع في أملاك غيره». وهكذا أصبح بقاؤه في ميدلتون هول مستحيلا، ومن ثم لا بد أن يرحل. وطبيعي أنه كان لا يزال يحتفظ بدخله الذي تركه له ويلوغبي، وقدره 60 جنيها إسترلينيا، لكنه لن يجد في المستقبل المنظور سبيلا للحصول على مجموعات ويلوغبي في ميدلتون هول، ولن يكون يسيرا عليه استكمال برنامج النشر الذي اتفقا عليه.

وتغيرت ظروف راي الشخصية في العام 1673، ربما بعد أن ألقى نظرة إلى المستقبل، إذ تزوج بفتاة في بيت ميدلتون تدعى مارغريت أوكلي، لا تعمل خادمة، وإنما «سيدة فاضلة» نبيلة الأصل، مسؤولة بشكل ما، ربما مربية للأطفال، وتصغره بأربعة وعشرين عاما، وتربطهما بوضوح علاقة هي أقرب إلى الترتيب العملي منها إلى الحب (مثل الزيجة الثانية

لأم إســحق نيوتن)، ويبدو أنها زيجة سعيدة، برغم أن مارغريت لم تنجب أطفالا إلا بعد أن أصبح راي في الخامسة والخمسين، حيث أنجبت بنتين توأمتين ثم في عقبيهما فورا بنتين أخريين.

وبعــد خروجهم من ميدلتون هال، عاشــت عائلــة راي أول الأمر في ســتون كولدفيلد ثم بالقرب من بلاك نوتلي حتى العام 1679، وقت وفاة أم راي، ثــم انتقلت الأســرة إلى بيت الأم الذي ســبق أن أعــده لها راي. وعاشت الأسرة بمبلغ 60 جنيها إسترلينيا سنويا بالإضافة إلى 40 جنيها إســترلينيا أخرى هي عائد إيجــار أرض مجاورة (ولا نعرف كيف توافرت هذه الأرض للأســرة). وهذا مبلغ يكفي بالكاد لدعم الأســرة وليبقي راي (الــذي رفض العديد من عروض التوظف على مدى بضع ســنوات تالية) حرا في قضاء ربع القرن التالي من دون أن يعيق حريته شيء من أجل عمل ما يحب وإكمال سلسلة من الكتب العظيمة، التي عرضت عالم الأحياء في صورة منظمة. وســوف نذكر فقط أهم العناويــن، على الرغم من أن راي ألف غيرها الكثير (من بينها كتب باللغة الإنجليزية واللغة الدارجة).

ولم يفارق راي الشعور، عن تواضع أصيل، بأنه من دون مساعدة ويلوغبي (مســاعدة مالية وفكرية) ما كان له أن ينجز شــيئا، ووضع أول أولوياته طبع الكتب الخاصة بالطيور والأسماك، والتي كان من المفترض أن يتولى ويلوغبي مسؤولية إصدارها لو امتد به العمر، وذلك وفقا لتقسيم دراسة عالم الأحياء كما اتفقا معا بشكل ودي. واكتمل كتاب الطيور مع تأهب راي لمغادرة ميدلتون هول مضطرا، وصدر الكتاب باســم فرنســيس ويلوغبــي تحت عنوان «عالم الطيــور» في العام 1677، لكن على الرغم مــن أن راي حقق أيضا إنجازات كثيرة ومهمة في دراسة الأسماك (بعضها خاص به وحده، وبعضها بالاشتراك مع ويلوغبي)، فإن قدرا كبيرا لم يزل في حاجة إلى استكمال في هذا الموضوع خلال العام 1975، ولم يتسن له العودة إلى العمل في المشروع إلا بعد أن استقر في بلاك نوتلي في العام 1679، وأكمل العمل، على الرغم من الصعوبات التي واجهته، في سبيل التوصل إلى المادة العلمية الموجودة في ميدلتون هول. ولهذا يمكن عدلا وإنصافا النظر إلى كتاب «علم الطيور» باعتباره في الحقيقة نشرا مشــتركا لكل من راي وويلوغبي، وهناك كتاب «تاريخ الأسماك» الذي شارك

فيــه ويلوغبي بقــدر ضئيل جدا (فيما عدا ما جمعه هو شــخصيا)، ومن ثم حــري في الواقع اعتباره كتــاب راي. وأي كان الأمر، فقد صدر كتاب «تاريخ الأســماك» باسم فرنسيس ويلوغبي في طبعة مصورة رائعة في العام 1686، بتكلفة 400 جنيه إسترليني على نفقة الجمعية الملكية.

وفي فترات الفراغ التي تخللت العمل في الجزء الخاص بويلوغبي في عالم الأحياء، اهتم أيضا راي بدراسة موضوع عشقه الأول، وهو عالم النبات. ونشر أيضا في العام 1686 المجلد الأول من دراســته العظيمة «تاريخ النباتات»، ثم المجلد الثاني في العام 1688، والثالث في العام 1704، وتشمل الدراسة أكثر من 18 ألف نوع من النباتات مصنفة على أســاس علاقات الســلالة العائلية والتصنيف المورفولوجي ووصف للقسمات العامة لحياة النبات من مثل عملية إنبات البذور. وأهم من ذلك كله أنه اتخذ الأنواع كوحدة أساســية للتصنيف، ونعرف أن راي هو الذي وضع أول مفهوم عن النوع بالمعنى الحديث للمصطلح بحيث إنه، وبكلمات راي أن جميع أعضاء النوع الواحد «لا تولد من بذرة أنواع أخرى» ويمكن القــول بلغة الكتاب المقدس تلد الكلاب كلابا، والقطط قططا وهكذا، ولذلك فإن الكلاب والقطط نوعان مختلفان.

وتوفي راي السنة التالية لصدور المجلد الثالث من كتابه «النباتات» الصادر في 17 يناير 1705، وهو في الســابعة والسبعين من العمر. وترك مسودة لم تنشر لآخر عمل عظيم ألفه بعنوان «تاريخ الحشرات»، والذي صدر بعد وفاته في العام 1710، وعلى الرغم من وفاة ويلوغبي مبكرا، وكذا مشــكلاته المالية وصحته التي اعتلت بشــدة، فضلا عن انشــغاله بفيض كبير من العمل، فإنه أنجــز منفردا المهمة التي رصد له هو وويلوغبــي جهدهما زمنا طويلا، وهو وضع صورة منظمة أو منظومة لعالم الأحياء.

إن راي، أكثــر مــن أي إنســان آخر، هو الــذي جعل من دراســة النبات والحيوان دراســة منهجية علميــة، وأضفى منطقا ونظامــا على بحث عالم الأحيــاء، وأخرجه من الفوضى التي كانت ســائدة من قبل (*). وابتكر نظاما تصنيفيا واضحا قائما على أساس الفســيولوجيا والموروفولوجيا والتشريح،

(*) قبل راي، كان يجري «تصنيف» النباتات والحيوانات في ترتيب أبجدي وفق أسمائها، وتضمن التصنيف أسماء حيوانات أسطورية. وإذا التزمنا الدقة في التعبير، نقول إن هذا لا يرقى لمستوى الفوضى بل يصعب وصفه بالدراسة العلمية.

ومهد بذلك الطريق لعمل العلامة الأشهر لينايوس، الذي اعتمد بشكل مكثف على الأعمال التي نشرها راي (وكالعادة دائما من دون الاعتراف بالدَّين)، سواء الأعمال المنشورة باسمه أو باسم ويلوغبي. وعلى الرغم من أن راي كان متدينا عميق التدين، فإنه وجد صعوبة في التوفيق بين رواية الكتاب المقدس عن بداية التكوين، وبين الدليل الذي يراه بعينيه، وليست الصعوبة ماثلة فقط في تنوع عالم الأحياء (إذ كان يذهب إلى أن الأنواع ليست ثابتة، بل يمكن أن تتغير مع امتداد الأجيال)، بل وماثلة أيضا في دراساته عن الأحفوريات، وكان هو أول من رأى فيها بقايا لكائنات حيوانية ونباتية كانت يوما ما على قيد الحياة. وجدير بالذكر أنه منذ العام 1661 كتب ملاحظات عما كان يسمى وقتذاك «الأحجار الأفعوانية»، واقتدى بالأعمال الرائدة لكل من هوك وستينو (سوف نتحدث عنه بعد قليل) في ستينيات القرن السابع عشر، وعاد مرارا إلى هذا الموضوع في كتاباته، معبرا عن حيرته إزاء الفكرة القائلة إن غياب الأشكال الحية من الأنواع المتحجرة اليوم يوحي، فيما يبدو، بأن جميع الأنواع محيت من على وجه البسيطة، وصارع ضد الفكرة القائلة (التي نبذها) بأن وجود أسماك متحجرة وسط الصخور على قمة الجبال العالية يعني ضمنا أن الجبال برزت وارتفعت شاهقة على مدى أزمان طويلة جدا (*). وسبق له أن كتب وهو في العاصمة بروج، يصف غابة متحجرة مطمورة عُثر عليها في «أماكن كانت بحرا منذ 500 سنة» فقال:

> منذ سنوات بعيدة وقبل أي سجلات عن العصور القديمة كانت هذه الأماكن جزءا من اليابسة المغطاة بالغابات، ثم حدث بعد ذلك أن غمرها بعنف البحر وبقيت زمنا طويلا تحت الماء إلى أن جرفت الأنهار التربة والطمي بكميات كافية لتغطية الأشجار، وملأت هذه المناطق الضحلة واستعادتها يابسة صلبة ثانية... وهكذا كان قاع البحر عميقا جدا وصبت الأنهار رواسبها

(*) لكي ندرك إلى أي مدى كان فكر الناس مشوشا في ستينيات القرن السابع عشر عن الطبيعة وأصل الحياة، حري أن تلحظ أنه في العام 1668 فقط برهن فرنسيسكو ريدي (1626 - 1698) - بناء على تجارب دقيقة على قطع من اللحم أمكن حفظها في مكان محكم الغلق بعيدة عن الذباب الذي يضع بيضا - أن يرقات الذباب لا تظهر تلقائيا في اللحم بعد أن يصيبه العفن.

> الضخمة حيث أفرغت مياهها في البحر وارتفعت اليابسة وزاد سمكها على مائة قدم... وهذا شيء غريب حين نتأمل حداثة العالم، إذ تذهب التقديرات المعروفة إلى أن عمر العالم 5600 سنة (*).

وتعكس حيرة راي بدقة طريقة الناس في الصراع من أجل فهم حقيقة المدى الزمني الجيولوجي المهول، إنهم يرون الدليل بأم أعينهم، ولكنهم أعجز من تطويع أنفسهم لقبول الدلالات والآثار أولا. لكن قبل أن نلتقط أطراف الخيط للحديث عن تاريخ الجيولوجيا، حري بنا أن نتبين كيف أفضت دراسات راي، من خلال ليناليوس، إلى تطوير الفهم العلمي لعالم الأحياء، وهو ما يعد بحق السلف الجوهري للوصول إلى نظرية مقنعة عن التطور.

كارل ليناليوس وتسمية الأنواع

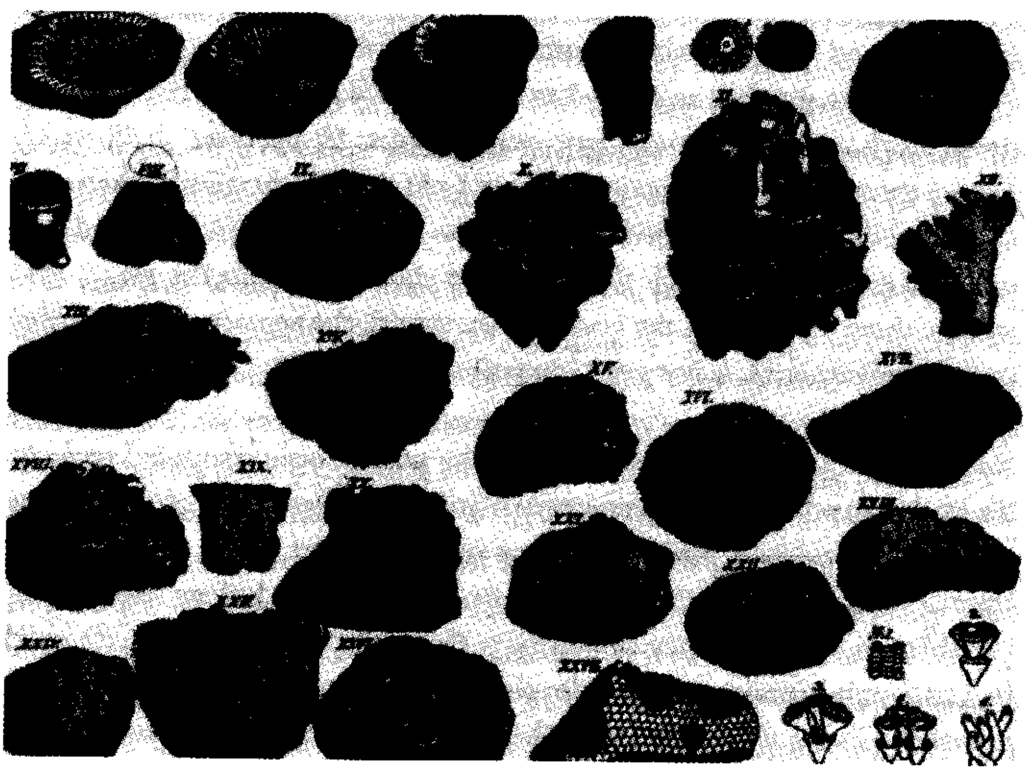
كارل ليناليوس عالم فريد بين العلماء الذين نعرض أعمالهم في هذا الكتاب من حيث تغيير اسمه من الصيغة اللاتينية إلى صيغة محلية. لكن حدث ذلك لسبب واحد فقط، وهو أن اسم الأسرة صاغه أبوه في البداية في صورة لاتينية، إذ إن أباه الكاهن اشتهر بداية باسم نيلز إنغمارسون ثم ابتكر اسم الأسرة ليناليوس على اسم شجرة زيزفون ضخمة نبتت في أرضه. والسبب الوحيد الذي من أجله غيّر كارل (ويعرف أحيانا باسم كارولوس)، وهو إنسان مغرور مختال بنفسه وصاحب فكرة مغرورة بأهميته، هذا الاسم الرائع هو منحه في العام 1761 براءة النبالة (1757) وأصبح يدعى كارل فون لينيه. لكن الخلف عرفوه باسم ليناليوس (**).

ولد ليناليوس في ساوث راشولت جنوب السويد في 23 مايو العام 1707، لم تكن الأسرة ثرية، وقصدت إلى أن يقتفي ليناليوس أثر أبيه ليكون كاهنا مثله. لكنه لم يبد اهتماما ذا قيمة أو قدرة وقابلية لهذا

(*) الاقتباس على لسان ريفن من كتاب راى «ملاحظات» (Observations).

(**) من المظاهر الدالة عن فكرة ليناليوس المزهو بنفسه أنه كتب ما لا يقل عن أربع سير ذاتية، والتي صدرت بعد وفاته، وأكدت صورته للخلف المباشر له. وحري عند تأمل بعض إنجازاته أن نضيف إليها قليلا من الملح. ولكن مكانة عمله العلمي مكانة واضحة ليست في حاجة إلى صقل وتلميع.

المستقبل، لدرجة أن أباه أوشك أن يرسله ليتتلمذ على يدي صانع أحذية، عندما تدخل في الأمر أحد المعلمين الشباب واقترح أن يتخذ له مهنة الطب. واستطاع لينايوس، بفضل رعاية كثيرين أن يكمل دراسته الطبية، وأن يبدأ دراسته في جامعة لوند في العام 1727 ثم يواصل في أوبسالا من العام 1728 حتى العام 1733. وأبدى لينايوس اهتماما منذ طفولته بالنباتات المزهرة، وتجاوزت قراءاته وهو في الجامعة حدود المقررات الدراسية المقررة على طلاب الطب. وأسرته بخاصة الفكرة الجديدة التي طرحها عالم النباتات الفرنسي سيباستيان فيلان (1669 - 1722) في العام 1717، وتفيد بأن النباتات تتكاثر جنسيا، وأن لها أجزاء ذكورية وأنثوية تقابل الأعضاء التناسلية في الحيوانات. ويمكن القول إن جدة وجرأة هذا الإدراك في القرن الثامن عشر يمكن تقديرها من واقع أن لينايوس نفسه لم يفهم بشكل كامل دور الحشرات في تلقيح النباتات، هذا على الرغم من أنه من أوائل من قبلوا وطبقوا فكرة التكاثر الجنسي للنباتات.



19 - صفحة من كتاب لينايوس بعنوان
"Sasom Naturforskare och Lakare," 1746.

وعمـــد لينايـــوس، بجانب دراســـاته الطبية، إلى تطوير فكرة اســـتخدام الفـــوارق بـــين الأجزاء التناســـلية في النباتـــات المزهرة، كوســـيلة للتصنيف وفهرســـة النباتات. وبدت له هذه خطوة طبيعيـــة يبدأ بها نظرا إلى أن فكرة التصنيف وفق قوائم أو فهرســـت كانت تسيطر عليه، واعتاد عمل قوائم لكل شـــيء. وجدير بالذكر أنه بعد أن أصبح أستاذا، اعتاد الخروج بصحبة طلابه فـــي نزهات قصيرة خاصة بدراســـة النباتات، وكان ينظم هذه النزهات بدقة عســـكرية، إذ كان يلـــزم الطلاب بارتداء ملابس خاصة خفيفة ويشـــير إليها باسم «الزي الموحد لدراسة النباتات». واعتادوا الخروج دائما الساعة السابعة صباحـــا بدقة تامة ومعهم وجبة طعام خفيفة يتناولونها الســـاعة الثانية بعد الظهر ثم راحة قصيرة حتى الرابعة بعد الظهر بينما يقدم عروضا بيانية كل نصف ساعة تحديدا. وحدث أن أرسل لينايوس رسالة إلى صديق له قال فيها «إنه لا يفهم شيئا ما لم يكن مرتبا على نحو نسقي» (*). وقد يرى كثيرون في هذا انحرافا، حيث يستدعي القلق بدل الزهو، لكن لينايوس عرف كيف يحدد المســـار الصحيح الذي يوجه من خلاله ســـلوكه الوسواسي القهري المرضي. وســـرعان ما تم الاعتراف بمواهبه، وحدث في أوبســـالا أن تصدى في العام 1730 لأحد الأســـاتذة، ويدعى أولاف رودبيك كان يجـــري بيانات عملية في بســـاتين الجامعة المخصصة للبحوث النباتية، وأرسلته جمعية أوبسالا للعلوم في العام 1732 في رحلة استكشـــافية كبرى إلى لابلاند لجمع عينات نباتية، ولبحث العادات المحلية في أرض شمالية تعتبر وقتذاك ساحة غامضة.

وقـــام لينايـــوس في العام 1734 برحلة استكشـــافية أخرى للدراســـات النباتية، وقصد هذه المرة وسط السويد قبل أن ينجز درجته الطبية في جامعة هاردرفيـــك في هولندا في العـــام 1735، وانتقل بعد ذلك إلى جامعة ليدن، وعاد إلى الســـويد في العام 1738، حيث تزوج بســـارة موريا (ابنة طبيب) العام 1739، ومارس مهنة الطب في ستوكهولم حتى العام 1741، عندما عُين أســـتاذا لكرسي الطب في أوبسالا. وفي العام 1742 انتقل إلى كرسي عالم النبات، الذي اســـتمر فيه بقية حياته. ووافته المنية في أوبســـالا يوم العاشر من يناير 1778، وكان لينايوس، على الرغم من كل نقائصه، ســـاحرا ومعلما

(*) الاقتباس من ستن لندروث، من كتاب Frangsmyr.

محبوبا، عمد كثيرون من تلامذته إلى نشر أفكاره عن تصنيف النباتات في مجالات واسعة، سواء في أثناء حياته أو بعد مماته. لكن أهم شيء يلفت الأنظار فيما يتعلق بهذه الأفكار أنها اكتملت وهو لا يزال طالبا وصدرت في صورة كاملة النضج باسم «منظومة الطبيعة» (Systema Naturae) منذ فترة باكرة في العام 1735 فور وصول لينايوس إلى هولندا. وصدرت طبعات كثيرة من هذا العمل مزيدة ومنقحة. جدير بالذكر أن الابتكار الذي يعتبر أفضل ما نذكر به لينايوس هو المنظومة ثنائية التسمية لتصنيف كل نوع من الأنواع باسم من كلمتين، وهو ما أوضحه في صورة محددة في المجلد الأول من الطبعة العاشرة، التي ظهرت في العام 1758 (وهي سنة عودة مذنب هالي)، بعد أن قدم له في كتابه «أنواع النبات» (Species Plantarum) في العام 1753، وهذه الطبعة العاشرة هي التي أدخلت إلى علم البيولوجيا وحددت مصطلحات من مثل الثدييات Mammalia، والرئيسات Primates، والإنسان العاقل Homo Sapiens وغيرها.



20 - صفحة عنوان كتاب «منظومات الطبيعة»، 1740

جدير بالذكر أن فكرة تســمية الأنواع بأســماء مزدوجة ليست في ذاتها فكــرة جديدة، وتظهر فــي الأوصاف الدارجة في الأزمنــة القديمة، لكن ما أنجــزه لينايوس هو تحويلها إلى منهج منظومي للتعريف والتحديد، بناء على قواعد محددة. بيد أن كل هذا ما كان ليفيد شيئا من دون كل الجهود المبذولة لتحديد وتصنيف الأنواع على أســاس خصائصها المميــزة، وهذا هو البحث الميداني الذي أنجزه لينايوس نفســه وتلامذته، علاوة على السابقين عليه من أمثــال راي. وقدم لينايوس في مختلف إصداراتــه أوصافا لنحو 7700 نوع مــن النباتات و4400 نوع من الحيوانات (تقريبا كل ما هو معروف في أوروبا وقتذاك)، وأعطاها جميعها أســماء وفقا لمنظومة الأسماء المزدوجة. وهكذا رتــب لينايوس كل ما ضمه عالم الأحياء في تراتبية علاقات الأســرة، ابتداء من التصنيفات العامة لمملكتها وفئتها نزولا عبر التقسيمات الفرعية للمرتبة والجنس وانتهاء بالنوع ذاته. وتغيرت بعض الأســماء مع مرور السنين، وأعيد ترتيب بعض الأنواع الأخرى في ضوء أحدث البيانات، لكن الفكرة الأساســية هنا هي أنه منذ عصر لينايوس وما بعده فإن أي عالم بيولوجيا حين يشير إلى نوع ما (ولنقل الذئب Canis Lupus) فإن زملاءه يعرفون تحديدا أي نوع يشير إليه. وإذا لم يعرفوا، فإن في وسعهم الاطلاع على جميع خصائص هذا النوع فــي نصوص معيارية معتمدة، بل وأن يروا عينات نمطية محفوظة لهذا النوع من قاعات متاحــف التاريخ الطبيعي (*). ويتجلى أثر هذا النظام في طريقة احتفاظــه ببقايا اللاتينية التي كانت ســابقا اللغة الشــاملة والمعتمدة للعلم، فــي العمل العلمي حتى يومنا هذا. وتولت أجيال المســتقبل من علماء النبات والحيوان مهمة اكتشــاف العالم فيما وراء أوروبا، ويمكن تصنيف الأنواع التي اكتشــفوها وإدراجها في نظام التســمية بالطريقة نفسها، واستطاعوا بذلك تزويدنــا بالمادة الخام من المعلومات التي تكشــف عــن العلاقات بين الأنواع وقوانين التطور، وهو ما سوف يتضح جليا في القرن التاسع عشر.

(*) مــن أهم هذه المجموعات مجموعة جرى تجميعها على أســاس المــادة العلمية التي وفرها لينايوس نفسه. واشتراها بعد وفاته جيمس سميث، عالم النباتات الإنجليزي الثري الذي ساعد في تأسيس جمعية لينايوس العام 1788، ومقرها لندن. وبعد وفاة سميث العام 1828، اشترت الجمعية المجموعة، التي لاتزال في حوزتها، بمبلغ 3150 جنيها إســترلينيا، وهو مبلغ باهظ في تلك الفترة وظل دينا على الجمعية سددته على مدى 33 سنة.

وللمرء، إن لم يشأ التساهل في الحكم، النظر إلى كل أعماله في الفهرسة والتصنيف باعتبارها ضربا من هواية تجميع طوابع البريد. لكن لينايوس خطا خطوة جسورة غيرت نظرة البشر إلى مكاننا في الطبيعة مرة وإلى الأبد. إنه أول من وضع «الإنسان» (كما كان يشار إلى البشرية في تلك الأيام) ضمن منظومة تصنيف بيولوجي. وطبيعي أن مجرد إدراج الإنسان في المخطط البيولوجي للكائنات استغرق منه وقتا طويلا إلى حين أن حسم أمره، وطبيعي كذلك أن فكرة تصنيف الإنسان برمتها بالطريقة نفسها التي يجري بها تصنيف الحيوانات كانت فكرة سجالية في القرن الثامن عشر. ونجد الصيغة الحديثة الأخيرة للتصنيف (والتي تجاوزت منظومة لينايوس الأصلية) تحدد مكاننا الصحيح في عالم الأحياء.

مملكة	كائنات حية
شعبة	الحبليات
تحت الشعبة	فقريات
فئة	ثدييات
رتبة	رئيسات
عائلة	شبيه بالإنسان
جنس	إنسان
نوع	عاقل (سابينس)

وتأسيسا على النظرة الحديثة إلى الأمور اليوم، يعتبر الهومو سابينس، وهو نوعنا البشري، فريدا من حيث إنه العضو الوحيد من جنسه - حيث جنس الهومو لا يضم سوى عضو واحد. لكن لينايوس نظر إلى الأمور على نحو مختلف، وليس لنا أن نتهمه بتغيير وضع الهومو سابينس، وإقصائه بعيدا جدا عن الحيوانات الأخرى - ذلك أنه ضمَّن جنس الهومو عديدا من الأنواع الأخرى تحت اسم «إنسان»، بناء على أساطير شعبية وخرافات تروى عن بشر لهم ذيول، وعن «سكان كهوف» وغير ذلك. وعانى أيضا كثيرا من محاولة

للاســتقرار على رأي، هل له أن يجعل للبشــر «الهومو» جنسا خاصا بهم أم لا؟ ونراه في مقدمة كتابه "Fauna Svecica"، المنشور في العام 1746، يقول «واقع الحال إننــي كمؤرخ طبيعي لا أزال أجد لزاما البحث عن أي خصيصة يمكن على هديها تمييز الإنسان عن القردة العليا تأسيسا على مبادئ علمية»، وفي معرض الرد على نقد لموقفه هذا قال في رسالة لزميل له يدعى جوهان غميلين في العام 1747:

> أسألك وأســأل العالم كله عن فارق نوعي أصيل يمايز الإنســان عن القردة العليا ويتســق مع المبادئ الأساســية للتاريخ الطبيعي. فأنا لا أعرف عن يقين شيئا كهذا... وإذا ما كان لي أن أسمي القرد الإنسان أو العكس، فإنني سوف أتلقى هجوما من اللاهوتيين. لكن ربما ســوف أستمر على هذا النحو وفقا لقواعد العلم (*).

أو بعبــارة أخرى، كانت عقيدة لينايوس الخاصة أن الإنســان ينتمي إلى جنس القردة العليا ذاته، وهذا الاعتقاد أكدته الدراســات الحديثة عن أوجه التماثــل بين الدنا (DNA) عند البشــر والشــمبانزي والغوريــلا، وإن كانت التصنيفات تجري اليوم، ابتداء من الصفر واعتمادا على برهان الدنا، سوف يُصنف الإنسان كشمبانزي - أو ربما - الجنس العاقل. وإنها لمصادفة تاريخية فقــط، ولخوف لينايوس مــن اللاهوتيين، أن الهومو ســابينس يقف منفردا ومنعزلا مزهوا بنفسه باعتباره العضو الأوحد تحت عنوان الجنس.

جديــر بالذكر أن لينايوس كان متدينا، ويؤمن عن يقين بالله. ورأى في نفســه، شــأن كثيرين من معاصريه، أنه يكشــف عن صنع الله من خلال تصنيفه للطبيعة، وقال في أكثر من مناســبة إن عدد الأنواع الموجودة على الأرض في أيامه هو العدد نفسه الذي خلقه الله في البدء (**). لكن هذا لم يحل دون اســتمرار شــكوكه فيما يخص معايير القرن الثامن عشر في تأويل الكتاب المقدس خصوصا ما يتعلق منه بمسألة عمر الأرض.

(*) الاقتباس ورد عن غنر بروبرغ في كتاب Frangsmyr.

(**) كتــب ليونايــوس أكثر من مرة «هناك تنوعات كثيرة بقدر مــا هناك من نباتات ناتجة عن بذرة النوع ذاته، بما يعني ضمنا أنه لا يوجد اثنان متطابقان»، وبهذا اقترب جدا من معرفة أحد المفاتيح الأساسية التي اكتشفها داروين واستخدمها لفتح مغاليق وأسرار التطور.

وشـــارك لينايوس في هذا الجدل في ســـجال أثير في الســـويد خلال أربعينيات القرن الثامن عشر، بعد اكتشاف بداية انخفاض مستوى الماء في بحر البلطيق (*). وجدير بالذكر أن أنديرس سيلســـيوس (1701-1744) مـــن أول من بحثوا هذه الظاهرة على نحو صحيح، وقدم أدلة مقنعة تؤكد حدوث تغير في مستوى البحر، واشتهر أنديرس سيلسيوس اليوم بمقياس درجات الحرارة الذي يحمل اســـمه. ووضع سيلســـيوس تفسيرا، من بين تفســـيرات أخرى، لســـبب «انخفاض منســـوب المياه»، وبنى تفسيره على أساس فكرة ناقشـــها نيوتن في المجلد الثالث من كتاب «برنكيبيا»، وأرجع الانخفـــاض إلى ظاهرة تحول المياه إلى مادة صلبـــة بفعل تأثير النباتات. وتقضي الفكرة بأن المادة النباتية مصنوعة أساسا من سوائل (**) مأخوذة من الوسط المحيط بها، وعندما تتحلل النباتات، تشكل مادة صلبة تحملها الأنهـــار لتصبها في البحار والبحيرات وتســـتقر في القاع لتصنع صخورا جديدة. وطور لينايوس الفكرة وصاغ منها نموذجا جديدا محكم الصياغة ليوضح دور الطحالب والأعشاب الطافية على السطح في استقرار وثبات حركـــة المياه (كما هي الحال في بحر سارغاســـو) ومن ثم تشـــجيع عملية الترســـيب وما لها من دور أساســـي، لكن تفاصيل النمـــوذج لا تعنينا هنا، خصوصا أنها خطأ من كل النواحي. ومع ذلك فإن المهم عندنا هو بيان أن هذه البحوث قادت لينايوس إلى التفكير عن عمر كوكب الأرض.

وبحلول أربعينيات القرن الثامن عشر أصبحت مسألة وجود أحفوريات على اليابســـة بعيـــدا عن أي من بحار اليوم معروفـــة تماما، ومقبولة على نطاق واســـع على أنها بقايـــا كائنات كانت حية يوما مـــا. وحققت الفكرة رواجا بعد جهود دين نيلز ستينســـن (1638 - 1686)، الذي صاغ اسمه لاتينيا وأصبح نيكولاوس ســـتينو ويعرف عادة من باب التيســـير ســـتينو. وكشف في ستينيات القرن السابع عشر عن الرابطة بين الخصائص المميزة

(*) نعرف الآن في الواقع أن اليابســـة هناك آخذة في الارتفاع. جدير بالإشارة أنه خلال أقرب عصر جليدي، أدى ثقل وزن الجليد إلى انخفاض القشرة الأرضية للمنطقة وغوصها في طبقات الســـائل تحت سطح الأرض. ولاتزال تحاول العودة ثانية إلى وضعها السابق مع تحررها من هذا الثقل على مدى نحو 10 آلاف سنة مضت.

(**) ليس الأمر كذلك عمليا، ذلك أن النباتات مؤلفة أساســـا من ثاني أكســـيد الكربون الذي تستمده من الجو.

لأسنان سمك القرش وبقايا أحفورية تحقق من أنها بقايا سمكة قرش عُثر عليها في طبقات صخرية في مكان بعيد داخل اليابسة. وأكد ستينو أن طبقات صخرية مختلفة طمرت واستقرت تحت الماء عبر عصور مختلفة من تاريخ الأرض، وذهب كثيرون من خلفائه في القرن الثامن عشر (بل وفي التاسع عشر) إلى المطابقة بين هذه العملية وبين الطوفان (أو سلسلة من الطوفانات) الذي يحكي عنها الكتاب المقدس. وسبق أن أكد ليناليوس قبوله لرواية الطوفان في الكتاب المقدس، غير أنه فكر ورأى أن مثل هذا الحدث الذي دام فترة زمنية قصيرة (طوفان استمر لأقل من 200 يوم) لا يمكنه أن يجرف الأحياء بعيدا في أعماق الأرض ويغطيها برواسب خلال هذه الفترة - وقال: «إن من يعزو كل هذا إلى طوفان حدث فجأة وانتهى فجأة إنما هو إنسان غريب تماما عن العلم وأنه بذلك مثل الأعمى الذي يرى بأعين الآخرين، إن لم نقل إنه لا يرى شيئا على الإطلاق» (*). وأكد على العكس من ذلك أن كوكب الأرض كله كانت تغطيه المياه في البدء، والتي أخذت في الانحسار منذ ذلك الزمن لتتحول تدريجيا إلى يابسة، مخلفة وراءها أحفوريات لتكون دليلا على أن المياه غطت وجه البسيطة. وواضح تماما أن هذا كله استلزم زمنا أطول بكثير من 6 آلاف سنة من التاريخ الذي يذكره علماء الكتاب المقدس، لكن ليناليوس لم يشأ أن يورط نفسه في أكثر من ذلك.

وتوافرت في القرن الثامن عشر أسباب قوية للشك في تاريخ الـ 4004 ق.م. الذي حسبه الأسقف جيمس أوشر العام 1620، وحدده تاريخا لبداية الخلق، ولم تكن هذه الأسباب عملية فقط بل وتاريخية. وبدأت في هذه الفترة تتسرب معلومات إلى أوروبا عن الصين، والتي جاءت أساسا نتيجة عمل إرساليات اليسوعيين التبشيرية الفرنسية، وأصبح معروفا على نحو يقيني أن أول إمبراطور سجله التاريخ جلس على عرش الصين كان منذ 3 آلاف سنة قبل ميلاد المسيح، مع دلائل تفيد بأن التاريخ الصيني أقدم من ذلك بكثير. وحاول بعض فقهاء الإلهيات المطابقة بين التقدير الزمني الذي قال به أوشر وبين سجلات تاريخ الصين. لكن ليناليوس كتب

(*) الاقتباس عن Frangsmyr.

يقول إنه «يسره أن يؤمن بأن تاريخ الأرض أقدم من التاريخ الذي قاله الصينيون، إذا ما اتسع تفسير الإنجيل لذلك»، وأضاف «إن الطبيعة في قديم الزمان مثلما هي الآن راكمت اليابسة وجرفتها وراكمتها ثانية» (*). ولم يشأ ليناوس أن يورط نفسه في التصريح بوضوح من خلال عباراته المستفيضة أن التأويل التقليدي للإلهيات في الكتاب المقدس خاطئ. لكن هذه الخطوة الجسورة والحيوية خطاها في فرنسا معاصره وصنوه جورج لويس ليكليرك، المعروف لدى الخلف باسم كونت دي بوفون، وقدم بوفون أول تجارب علميه حتمية استهدفت تحديد عمر الأرض.

كونت دي بوفون: التاريخ الطبيعي وأفكار عن عمر الأرض

ولد بوفون (كما سوف أشير إليه بغية الاتساق) في 7 سبتمبر 1707، في مدينة مونبارد، في الشمال الغربي من ديجون (إقليم العاصمة مثلما كان، والآن) في بورغندي. وأسرته لأبيه مزارعون منذ جيلين فقط، ولكن أبا بوفون، ويدعى بنيامين فرانسوا ليكليريك مستخدم مدني بسيط في الإدارة المحلية لضريبة الملح. توفي خال بوفون في العام 1717، تاركا لأخته، أم بوفون، ثروة ضخمة. وبهذه الثروة اشترى ليكليرك كل قرية بوفون الملاصقة لبلدة مونبارد وأراضي شاسعة وعقارات في مونبارد وديجون، وحصل لنفسه على منصب مستشار في البرلمان المحلي في ديجون. ويمكن القول إن مصطلح «محدث الثراء» ابتكر له هو، وظل بوفون نفسه (ربما بسبب حساسيته إزاء أصوله الوضيعة) إنسانا متسلقا غير ناضج اجتماعيا طوال حياته. واستقرت الأسرة في ديجون والتحق بوفون طالبا في الكلية اليسوعية، حيث تخرج فيها متخصصا في القانون في العام 1726 (وإن درس أيضا الرياضيات والفلك).

ونحن لا نعرف غير النزر اليسير عن حياة بوفون على مدى السنوات القليلة التالية لتخرجه. ويبدو أنه قضى فترة من الوقت في أنجير، حيث درس الطب وربما النبات أيضا، ولكنه تركها من دون الحصول على مؤهلات رسمية (وقال فيما بعد إنه تركها بسبب مبارزة، ولكن هذه

(*) المصدر السابق نفسه.

على نحو شبه يقيني مجرد قصة للتأثير في الناس). وتصادف أن التقى في مكان ما شخصين مسافرين من إنجلترا، هما دوق كنغستون الثاني (وكان آنذاك في أواخر سن المراهقة، ورفيقه ومعلمه الخاص نيثان هيكمان). انضم بوفون إليهما في رحلتهما السياحية الكبرى. وكانت هذه في الحقيقة فرصة كبرى - ذلك أن الدوق - تصحبه حاشية من الخدم فضلا عن العديد من المركبات، وأقام في مساكن فاخرة لمدة أسابيع أو شهور. ويمثل أسلوب الحياة هذا مناسبة جيدة يسرت للفتى بوفون فرصة للطموح إليها وسرعان ما تهيأت له فرصة تحقيق رغباته عمليا. إذ في صيف 1731، ترك بوفون رفاقه وعاد إلى ديجون حيث كانت أمه تعاني مرضا خطيرا. وتوفيت في الأول من أغسطس ثم عاد بوفون لينضم ثانية إلى الفريق الإنجليزي في ليونز. وانطلقوا معا من هناك في طريقهم إلى سويسرا ثم إيطاليا. وعاد بوفون إلى باريس في العام 1732، حيث تغيرت حياته جذريا، ولم يسافر ثانية بعد نهاية هذا العام إلا رحلات عادية بين مونبارد وباريس.

وحدثت نقطة التحول في حياة بوفون عندما تزوج أبوه ثانية، في 30 ديسمبر 1732، وحاول الاستيلاء على كل ثروة الأسرة، بما في ذلك نصيب بوفون الذي ورثه عن أمه. ونعرف أن ليكليرك أنجب خمسة أطفال من زوجته الأولى مات منهم اثنان (وهما في مطلع العشرينات من العمر) العام 1731، وهي السنة نفسها التي ماتت فيها الأم، بينما أصبح أحد الباقين راهبا والبنت الوحيدة الباقية تحولت إلى راهبة. وهكذا تركوا بوفون وهو في الخامسة والعشرين وأباه ليتصارعا بشأن الميراث. وانتهى الصراع بأن حصل بوفون على ثروة كبيرة مستحقة له، علاوة على بيت وأراض في مونبارد وقرية بوفون. وتمثل القرية أهمية خاصة، لأنه كان قد بدأ يوقع خلال الرحلة السياحية الكبرى باسمه جورج - لويس ليكليرك دو بوفون، ربما لشعوره أن اسمه الحقيقي ليس له التأثير الكافي في نظر صديقه دوق كنغستون. وكف عن الحديث تماما بعد ذلك عن أبيه. وبعد العام 1734، أسقط اسم «ليكليرك»، وأصبح يوقع فقط باسم بوفون من دون زيادة.

وتهيأت له فرصة عيش حياة استرخاء كسولة. وحتى نضع ثروته في منظور صحيح، نقول إن ثروة بوفون بلغت واقعيا نحو 80 ألف جنيه سنويا، في وقت كان الحد الأدنى اللازم لواحد من أبناء السادة ليعيش حياة تتلاءم مع مكانته (وليس بالضرورة مستوى معيشة دوق كنغستون) يبلغ 10 آلاف جنيه سنويا. لكن بوفون لم يقنع بثروته الموروثة. إذ أدار أملاكه إدارة ناجحة ومربحة، واستحدث مشتلا لاستنبات أشجار يصنع منها صفوفا على امتداد طرق بورغندي، وأسس مسبكا للحديد في بوفون وغير ذلك من مشروعات عملية. ومع هذا كله طور اهتماماته بالتاريخ الطبيعي على نحو جعل منه عملا يتفرغ له الكثيرون. وحرصا منه على إنجاز أهدافه جميعها، والتغلب على ما رآه في نفسه من كسل طبيعي، استأجر مزارعا لكي يجره عمليا من سريره ويوقظه الساعة الخامسة كل صباح ويتأكد من أنه استيقظ فعلا. واعتاد على مدى نصف القرن التالي أن يبدأ العمل فور ارتدائه لملابسه، ولا يتوقف إلا لتناول طعام الإفطار (ويتألف من زجاجتين من النبيذ وشطيرة خبز) الساعة التاسعة صباحا، ثم يعمل حتى الثانية ظهرا قبل أن يتناول غداء سريعا ثم يلتقي أي ضيوف أو يقابل الزائرين المعتادين (*). ثم يأخذ سنة من النوم بمنزلة غفوة سريعة لينهض ويمشي لفترة طويلة، ليعود إلى نوبة عمل نشطة من الخامسة حتى السابعة مساء، ويأوي إلى سريره في التاسعة مساء من دون عشاء.

إن عادة بوفون أن ينذر نفسه لعمل جاد وقاس بدنيا تفسر لنا مدى قدرته على إنجاز عمل من أهم الأعمال تأثيرا وروعة في تاريخ العلم، وهذا هو ما يجسده كتابه «التاريخ الطبيعي» (Histoire Naturelle) الذي صدر في 44 مجلدا خلال الفترة من 1749 و1804 (المجلدات الثماني الأخيرة صدرت متضمنة المادة العلمية لبوفون بعد وفاته في العام 1788). وهذا هو أول عمل يشمل جماع التاريخ الطبيعي، وألفه بأسلوب واضح

(*) أحد هؤلاء الزوار هو توماس جيفرسون، الذي قال وهو يسترجع ذكرياته: «اعتاد بوفون أن يظل عاكفا على دراسته حتى وقت العشاء، ولا يستقبل زوارا تحت أي عذر، لكن بيته مفتوح وكذا الحرم المحيط به، وثمة خادم يهدي الزائرين إلى الطريق بأسلوب مهذب للغاية، ويدعو جميع الغرباء والأصدقاء لتناول العشاء... وتناولنا الغداء معه، وأكد آنذاك، كما هو دائما، أنه رجل يتمتع بقدرات استثنائية في الحديث». الاقتباس عن Fellows and Miliken.

وسهل مما جعل كتبه من الكتب الأكثر مبيعا. وصدرت منها طبعات كثيرة، كما تُرجمت إلى لغات عدة، وأضافت الإصدارات المؤلفة والمترجمة ثروة إلى ثروة بوفون، وأشاعت الاهتمام بالعلم على نطاق واسع خلال النصف الثاني من القرن الثاني عشر. والجدير بالذكر أن بوفون لم يقدم أي إسهامات عظيمة وأصيلة لفهم العالم الطبيعي (ويمكن القول إنه بشكل ما أعاق التقدم، خصوصا بسبب معارضته لأفكار لينايوس عن الأنواع)، ولكنه جمع ثروة كبيرة من المادة العلمية وصاغها معا في صيغة متسقة، بحيث هيأ نقطة انطلاق ينطلق منها الباحثون الآخرون، كما أن إسهاماته كانت حافزا شجع الناس على اتخاذ النهج الطبيعي في تفكيرهم. وليست هذه، مع أهميتها، هي خاتمة القصة، لكن ما يحتل قمة كل ما عداها (أو في اتساق معها) أن بوفون من العام 1739 فصاعدا عمل مشرفا (أو مراقبا) لحدائق الملك النباتية في باريس.

والملاحظ أن أسلوب بوفون في الحصول على المنصب هو محاكاة نموذجية للأسلوب الذي كان يعمل به النظام القديم. إذ توافرت لديه اتصالات أرستقراطية (يرجع الفضل فيها إلى حد بعيد إلى الفترة التي قضاها في باريس في صحبة دوق كنغستون)، واتصف يقينا بصفات رجل من الأثرياء النبلاء (وعليه سيماء أرستقراطية)، وامتلك مقدرات الحياة المستقلة (وهذا عامل رئيسي، نظرا إلى أن الحكومة شبه مفلسة وأعجز من أن توفر له راتبه كاملا، لذا اضطر إلى أن يدفع من ماله الخاص من حين إلى آخر ليغطي نفقاته، ويحتفظ بالبساتين في حالة تشغيل مثمرة). وفضلا عن هذا تميز في عمله.

وأصبح بوفون في ثلاثينيات القرن الثامن عشر محط أنظار الأوساط العلمية بفضل منشوراته في الرياضيات (في كتابه «الذكريات» (Memoires) لأكاديمية العلوم)، التي استهدفت تشجيع إعادة التشجير وتوفير الخشب رفيع الجودة لسفن الأسطول الفرنسي. وانضم إلى الأكاديمية في العام 1734، وصعد على درجات سلم نظامها التراتبي ليصبح عضوا مشاركا في يونيو 1739، وهو في الواحدة والثلاثين من عمره. وبعد شهر فقط، توفي فجأة كبير مشرفي الحديقة، وبينما كان المرشح الرئيسي للمنصب

فــي إنجلترا، اســتطاع بوفون أن يدبر اتصالاته ســريعا لتدفعه بوســائل جانبية إلى المنصب الذي ســيظل محتفظا به على مدى 41 ســنة التالية. وتميز بوفون بأهميته الكبيرة وتأثيره الواضح كمدير ومروج للعلم (*)، بيد أن ما يعنينا هنا هو إسهامات بوفون في تطوير الأفكار الأصيلة في العلم، وهو ما يمكن تناوله في عجالة على نحو منصف.

ويمكن تناول حياته الشخصية في كلمات سريعة. نعرف أن بوفون تزوج العام 1752، وهو في الرابعة والأربعين من العمر، بفتاة في العشرين تدعى ماري - فرانســواز، والتي حملت له بنتا واحدة توفيت في ســن الرضاعة، كما حملت لــه ابنا وضعته يوم 22 مايو 1764، وبعد الوضع، بدأت ماري - فرنســواز تعاني اعتلال صحتها بشكل مســتمر، إلى أن وافتها المنية العام 1769، وأطلق الابن اســم بوفونيــه، لكنه مثل لأبيه خيبة أمل مؤســفة، إذ أصبــح خيالا متبطلا مبذرا طائشــا، ويملك قدرات فكريــة محدودة تكاد تكفيه للعمل ضابطا في الجيش (حيث الوثيقة الرسمية الحكومية التي تمنح الحكومــة بموجبها راتبا للضابط يتم شــراؤها، ولا تعطى بناء عن جدارة). لكن على الرغم من كل هذا، اتخذ بوفون كل الإجراءات اللازمة ليخلفه في الحديقة، غير أنه عندما اشــتد المرض على بوفون، اتخذت السلطات على وجه الســرعة خطوات لتغيير الإجراءات مــن أجل الخلافة، وحصل بوفون علــى لقب كونت في يوليو 1772، وورث بوفونيــه اللقب، لكنه عاش ليكون مأســاته وســبب ندمه، وانتهى به الأمر ليكون ضحية «الإرهاب» (**) بعد الثورة الفرنسية، وأُعدم في العام 1794م.

وأهم إسهام غير تقليدي قدمه بوفون للعلم (وإن لم يكن إسهاما أصيلا تماما) هو فكرته أن الأرض تشــكلت من مادة لفظتها الشمس نتيجة تأثير مذنــب ما (وهذه فكرة بناها على أســاس تعليق قال فيه نيوتن «تســقط

(*) تجلت بوضوح مهاراته كمروج في العام 1747، عندما برهن في حشد عام أننا إذا ما ركزنا بؤرة أشــعة الشــمس من خلال مجموعة من المرايا يمكن أن تشعل الأشعة النار في الخشب على بعد 200 قدم، وهذا يماثل تماما ما قيل عن أن أرشــميدس فعله عندما هزم الإغريق أســطول الرومان في سيراكيوز.

(**) إشارة إلى عهد الإرهاب، وهي مرحلة من مراحل الثورة الفرنسية اتصفت بالقمع والعنف بعد تعليق النظام السياسي المركزي لكل منجزات الثورة، وقد امتد عهد الإرهاب من يونيو العام 1793 حتى يوليو العام 1794. [المحررة].

المذنبات بين حين وآخر على الشمس» (*). وتفيد هذه الفكرة أن الأرض تشكلت في البدء في صورة مادة منصهرة، ثم بردت تدريجيا إلى الدرجة التي تسمح ببقاء الحياة على سطحها. لكن بدا واضحا أن هذا استغرق بالضرورة زمنا أطول من 6 آلاف سنة، أو نحو ذلك، وهي المدة التي يذهب فقهاء اللاهوت إلى أنها الفترة الزمنية التي انقضت منذ بداية الخلق. وقال نيوتن مثل ذلك في كتابه «برينكيبيا»:

> إن كرة من حديد أحمر منصهر يعادل حجمها حجم كوكب الأرض، أي نحو 40 مليون قدم لا يمكن أن تبرد في مثل هذا العدد من الأيام، أو في 5 آلاف سنة.

بيد أنه لم يشأ أن يحسب مدة الزمن التي تستغرقها مثل هذه الكرة لتبرد، واكتفى ببيان معالم الطريق للخلف من بعده:

> أشك، بناء على بعض الأسباب المستترة، في أن الحرارة تستمر في الزيادة بنسبة أقل من نسبة قطر الكوكب، ويسرني لو أمكن بحث النسبة الحقيقية تجريبيا.

أدرك بوفون ما يلمح إليه نيوتن. ووضع تصميم تجربة تتضمن تسخين كرات حديدية من أحجام مختلفة حتى درجة الاحمرار، ثم يقيس الزمن الذي تستغرقه كل كرة حتى تبرد ويمكن لمسها من دون أن تحرق الجلد. واستخدم بوفون بعد ذلك تقنية جاهزة وأكثر صعوبة لاستقراء مدى الفترة الزمنية اللازمة لكي تبرد كرة مماثلة لحجم الأرض. لم تكن التجربة دقيقة تماما في الحقيقة، ولكنها محاولة علمية جادة لتقدير عمر الأرض في استقلال تام عن الكتاب المقدس، واعتمادا على القياسات الفعلية فقط. وجعل منها هذا النهج حدثا مميزا ومعلما لطريق جديد. ويقول بوفون في كتابه «التاريخ»:

> بدلا من 50 ألف سنة التي حددها نيوتن زمنا لازما لكي تبرد الأرض وتصل إلى درجة حرارتها المعهودة الآن، أعتقد أن ذلك يستلزم 42.964 سنة و221 يوما لكي تبرد فقط إلى الحد الذي تكف فيه عن الحرق.

(*) الاقتباس من Fellows and Miliken.

ولنغفل الدقة الزائفة للرقم المذكور. اسـتطرد بوفون ليحسب أن عمر الأرض (مـع وضع أرقامه في صورة أرقـام صحيحة) لا يقل عن 75 ألف سـنة. وأرجو ألا يخدعك أن هذا الرقم أقل كثيـرا من أفضل التقديرات المعاصرة لنا وهو 4.5 مليار سنة. لكن المهم في هذا السياق أن الرقم أكثر من عشرة أضعاف عمر الأرض الذي يقول به فقهاء الإلهيات في تفسيرهم للكتـاب المقدس، وهنا وضع التقدير الجديد العلم في صراع مباشـر مع فقه الإلهيات خلال النصف الثاني من القرن الثاني عشر (*). لكن التقدير الذي وضعـه بوفون لعمـر الأرض يبدو هزيلا حتى درجـة التفاهة عند مقارنته بتقدير آخر وضعه أحد أبناء الجيل التالي من العلماء الفرنسيين، وهو جان فورييه. لكن للأسف، فإن فورييه بدا مذهولا أمام حساباته مما جعله يحجم عن نشرها.

أفكار جديدة عن عمر الأرض: جين فورييه ودراسته التحليلية

عـاش فورييه من 1768 حتى 1830، وأفضل ما نذكره به هو أعماله في الرياضيات. وهو من الناس الذين عاشـوا حياة وأنجزوا أعمالا تضيق المسـاحة هنا عن اسـتيفائها، فيما عدا أنه عمل مستشارا علميا لنابليون فـي مصر، وانتهى به المسـار بتولـي إدارة نصف البلد مـن العام 1798 حتـى العام 1801، وتولـى مناصب في الإدارة المدنية بفرنسـا في عهد نابليـون، وحصل أولا على لقب بارون، ثم كونـت لخدماته للإمبراطورية. وامتـد بـه العمر إلى ما بعد هبّة عودة لويس السـابع عشـر إلى العرش ليتولى مكانا بارزا في العلم الفرنسي قبل أن توافيه المنية إثر عدوى مرض أصابتـه وهو فـي مصر. ويتمثل جوهر أعماله في أنه اسـتحدث تقنيات رياضيـة للتعامل مع ظواهر تغير الزمن؛ لكي يحلل النمط المعقد لتباينات الضغط في صوت انفجار، كمثال، إلى مجموعة من الموجات الجيبية التي يمكـن إضافتها بعضها إلى بعض لإعادة إنتـاج الصوت الأصلي. ولاتزال

(*) ولكـن بوفون تجنب الدخول في صراع مع السـلطات الكنسـية مسـتخدما الصيغ موضع التقدير في ذلك العصر، وهي عرض أفكاره باعتبارها مجرد «تأملات فلسـفية». وإذا كان هذا الأسـلوب جيدا لغاليليو فلم لا؟ وظل في ظاهر الأمر كاثوليكيا حريصا على ممارسـة الطقوس والشعائر حتى وافته المنية.

تقنيات تحليل فورييه مستخدمة في مقدمة البحث العلمي اليوم، مثال ذلك استخدام علماء الفلك لها عند محاولتهم قياس قابلية تغير النجوم أو النجوم الزائفة Quasars. ولم يستحدث فورييه هذه التقنيات بدافع من حب الرياضيات لذاتها، لكن لأنه احتاج إليها لوصف ظاهرة ما رياضيا والتي أثارته حقا، وهي طريقة انسياب الحرارة من جسم أكثر سخونة إلى جسم أكثر برودة. وتقدم فورييه خطوة أبعد في هذا الصدد عن بوفون حين استحدث مجموعات من المعادلات الرياضية لوصف دفق الحرارة (على أساس من ملاحظات تجريبية كثيرة بطبيعة الحال)، واستخدم هذه المعادلات ليحسب مدة الزمن الذي استغرقته الأرض لكي تبرد. وأدخل أيضا عاملا أغفله بوفون. إذ رأى أن القشرة الأرضية تعمل على الغلاف العازل المحيط بباطنها المنصهر، مما يفيد تسرب الحرارة، ولهذا لايزال القلب منصهرا اليوم على الرغم من برودة السطح (*). ولا ريب في أن فورييه سجل الرقم الذي توصل إليه في حساباته، بيد أنه، على ما يبدو، مزق البحث الذي كتب فيه ذلك. لكن ما تركه بالفعل للخلف هو معادلة لحساب عمر الأرض (سجلها العام 1820). وإذا استخدم أي عالم يعنيه الأمر هذه المعادلة يمكنه أن يحدد الرقم الصحيح لتسرب الحرارة ليحصل على عمر الأرض. وإذا ما استخدم القارئ معادلة فورييه، فإنه سيعرف أن عمر الأرض 100 مليون سنة، أكثر من ألف ضعف من العمر الذي قدره بوفون، وأقل بخمسين ضعفا فقط من أفضل التقديرات الحديثة - وبحلول العام 1820، أصبح العلم على طريق ممهد لقياس الجدول الزمني الحقيقي للتاريخ.

وتؤكد إسهامات بوفون الأخرى مدى الصراع الدائر الذي يخوضه العلم في نهاية القرن الثامن عشر للتلاؤم مع الثقل المتنامي للبراهين المستمدة من أحفوريات عظام الأزمنة القديمة للحياة على الأرض. وأكد أن الحرارة وحدها كانت المسؤولة عن نشأة الحياة. وخطا الخطوة المنطقية الملائمة التي أكد فيها أن الأرض إذ كانت أكثر حرارة في الماضي فقد كان هذا أيسر لنشأة الكائنات الحية، وأنه لهذا السبب نرى عظام العصور القديمة (التي نصفها

(*) السبب الرئيسي في أن القلب لايزال ساخنا اليوم هو الطاقة المنطلقة بفعل النشاط الإشعاعي، وسوف نعرف المزيد فيما بعد.

الآن بأنها عظام حيوانات الماموث والديناصورات) ضخمة جدا. واعتاد بوفون في كتابه «التاريخ» أن يلمح من صفحة إلى أخرى إلى صيغة قديمة لفكرة التطور، وقد نوقشت هذه الأفكار قبل أعمال تشارلز داروين الذي يمثل إسهامه الرئيسي، كما سوف نرى، في الكشف عن ميكانيزم التطور (الانتخاب الطبيعي). لكن المذهل حتى الآن (حتى إن قبلت الفكرة التي باتت بالية الآن عن أن بعض الأنواع «أرقى» أو «أدنى» من غيرها) أن نجد بوفون يقول منذ العام 1753 في المجلد الرابع من «التاريخ»:

> إذا حدث وسلمنا بوجود عائلات للنباتات والحيوانات، فإن في الإمكان القول إن الحمار من عائلة الحصان، وإن أحدهما يمكن أن يختلف فقط عن الآخر بسبب فقدان أحد الأسلاف المشتركة لعامل من عوامل التطور، وسوف نجد أنفسنا ملزمين بقبول أن القرد من المرتبة العليا هو من عائلة الإنسان وأنه مجرد إنسان تحللت بعض خواصه، وأن له وللإنسان سلفا مشتركا مثلهما مثل الحمار والحصان. وسوف يلزم عن ذلك أن كل عائلة حيوانية أو نباتية انبثقت عن أصل واحد لسلف العائلة، وأنه بعد تعاقب عدة أجيال أصبح أرقى في حالة بعض السلالات، وأدنى قياسا لسلالات أخرى.

وقدم أيضا حججا من أوضح ما تكون ضد القول بأن الكائنات الحية على حالها منذ البدء. وقال إن الخنزير:

> لا يبدو أنه تشكل وفق خطة أصلية وخاصة وكاملة، نظرا إلى أنه مركب من حيوانات أخرى، وواضح أن به أجزاء عديمة الجدوى، أو أجزاء لا يمكن أن تفيد شيئا، مقدمات جميع العظام المشكلة على نحو جيد والتي، مع ذلك، لا تفيد شيئا. إن الطبيعة براء من إخضاع نفسها لعلل غائية في تكوين المخلوقات.

وتعطينا هذه الفقرات، حتى من خلال الترجمة، فكرة توضح لنا أسباب رواج هذا الكتاب على نطاق واسع، واعتاد الناس في فرنسا النظر إلى بوفون باعتباره شخصية أدبية عظيمة، لأسلوبه الرقيق، من دون النظر إلى ما يكتب عنه.

وعندما انصب الحديث على الحياة الراهنة، شـــارك بوفون أيضا في الجدل الدائر بشأن كيفية التكاثر الجنسي. وظهرت آنذاك ثلاث مدارس للفكر. ترى إحداها أن بذرة أجيال المستقبل مختزنة داخل الأنثى، وأن كل دور الشريك الذكر هو حفزها للحياة. وذهبت مدرسة ثانية إلى أن البذرة تخرج من الذكر، وكل دور الأنثى هو تغذيتها لتكتمل. ورأى قليلون أن إسهام الطرفين الشريكين مسألة جوهرية، وفسروا ذلك بقولهم لماذا الطفل تكون لـــه «عينـــا الأب» و«أنف الأم». وينتمـــي بوفون لهذه النظـــرة الثالثة، لكنه صاغها في نموذج شديد التعقد، ولا نرى داعيا لوصفها هنا.

ويعتبـــر بوفون رجلا (وعالما) ابن عصره بـــكل معنى الكلمة، توفي في باريس، بعد مرض مزمن عضـــال تمثل في حصوات الكلى، في 16 أبريل 1788، وكان المجتمـــع الـــذي عرفه على وشـــك أن تندلع فيـــه ثورة تقلب أوضاعه رأســـا على عقب، لكن ثورة العلم كانت قد بدأت وأخذت مجراها وبدأت قوة الدفع فيها تتجمع لتنطلق في القرن التاســـع عشر حتى وسط الهبات السياسية (كما تمثل جهود فورييه نموذجا لذلك). جدير بالذكر أن القفزة الكبرى التالية، فيما يتعلق بفهم الحياة على الأرض، سوف يخطوها فـــي باريس أيضا جورج كوفيير الذي انطلق في تســـعينيات القرن الثامن عشر، بينما رحل بوفون في ثمانينيات القرن ذاته.

جورج كوفيير: محاضرات في التشريح المقارن وتأملات عن الانقراض

ولد كوفيير يوم 23 أغســـطس 1769 فـــي مدينة مونبليار، التي كانت وقتذاك عاصمة مقاطعة مســـتقلة، لكنها الآن جزء من فرنسا، وتقع على الحدود مع سويسرا. ويتحدث سكان مونبليار الفرنسية، وأغلبهم لوثريون، وتربطهم أواصر ثقافية كثيرة مع ولايات الشمال التي تتحدث الألمانية، بيد أنهم يضمرون كراهية عميقة تجاه الفرنســـيين الذين حاولوا مرارا ابتلاع جارتهـــم الصغيرة. وكانـــت مونبليار وقت ميلاد كوفيير مرتبطة سياســـيا بدوقيـــة فورتمبرغ العظمى على مدى مائتي عـــام، ويحكمها فرع متواضع من عائلة الدوق الأعظم وباســـمه. ورغبة في ألا تبقى مونبليار ركنا ضيقا راكدا، فقد تم تمهيد درب واســـع يمكن للفتيان ذوي القدرة الخروج عبره

من المقاطعة ليدخلوا منه إلى عالم أوروبا الفسيح. واتخذ والد كوفيير العسكرية مهنة له وخدم ضابطا مرتزقا في إحدى الفرق الفرنسية، وأحيل إلى التقاعد بنصف راتب وقت ميلاد الابن. وعلى الرغم من الضائقة الشديدة التي عانت منها الأسرة (إذ كانت أم كوفيير، التي تصغر زوجها بعشرين سنة، لا تملك مالا خاصا بها)، فقد هيأت الرابطة الفرنسية لكوفيير راعيا ذا سلطات تمثل في كونت دو فالدنر، الذي كان يعمل ضابطا آمرا للفرقة التي كان يعمل فيها الأب. وأصبح هذا الكونت هو عراب كوفيير. وتجاوزت هذه العلاقة مجرد كونها علاقة اسمية ولهذا اعتاد الصبي كوفيير زيارة بيت فالدنر كثيرا وهو طفل.

في أوائل العام 1769، أنجب الرجل العسكري السابق وزوجته أول أطفالهما وهو ولد سمي جورج ومات في الرابعة من العمر. وأنجبا طفلا جديدا اسمه في التعميد جان - ليوبولد - نيكولاس - فريدريك، ثم سرعان ما أضيف إليه اسم داغوبرت (أحد أسماء الجد لأبيه). لكن الطفل الجديد أصبح يعرف باسم أخيه المتوفى، وظل يوقع طوال حياته باسم جورج. وهكذا استمر اسمه في التاريخ جورج كوفيير. وأصبح الطفل سبيل الأبوين لتحقيق آمالهما وطموحاتهما، وتلقى أفضل تعليم استطاعا أن ييسراه له، وبعد أربع سنوات، ولد صبي آخر وحظي بقدر أقل من الاهتمام.

واعتاد كوفيير منذ سن الثانية عشرة فصاعدا زيارة بيت عمه جان - نيكولاس الذي كان يعمل راعيا للكنيسة، ولديه مجموعة كاملة من مجلدات بوفون «التاريخ الطبيعي» المنشورة وقتذاك. أسر الكتاب اهتمام جورج وقضى الساعات غائبا معه وحفزه هذا إلى الخروج إلى الريف لجمع عينات خاصة به. لكن لم يكن هناك في ذلك الوقت ما يشي بأن من المجدي له أن يتكسب رزقه من خلال العمل باحثا للطبيعة. ذلك أن الطريق الذي اختطه أبوا كوفيير له هو الوصول إلى عمل محترم وآمن، وهو العمل التقليدي، أن يصبح راعيا لكنيسة لوثرية، لكن هذا المسار تحول تماما عندما رفض طلبه للحصول على مكان مجاني بجامعة توبنغين، بينما الأسرة فقيرة جدا مما يحول بينها وبين سداد المصروفات. لكن على الرغم من فقر الأسرة، فقد كانت لها صلات لدى

البـــلاط من خلال كونت دو فالدنر،، وقام شـــارل - إيوجين، دوق فورتيمبرغ الأعظـــم، بزيارة الأمير فريدريك، حاكم مونبليار. وعرف الدوق ورطة الفتى، وقدم له مكانا مجانيا في أكاديمية شـــتوتغارت الجديدة التي أسســـها الدوق نفســـه العام 1770، ومنحها الإمبراطور جوزيف الثاني اسم جامعة في العام 1781، وأخـــذ كوفييـــر مكانه فـــي الجامعة الجديدة العـــام 1784، وهو في الخامسة عشرة من العمر.

وأنشئت الأكاديمية لتكون مؤسسة تدريب للمستخدمين المدنيين لإعداد الشـــباب للعمل مديرين في الولايات الكثيرة داخل ألمانيا الممزقة وقتذاك. وجرت إدارتها كأنها مؤسســـة عسكرية، إذ لها زي موحد وقواعد سلوكية صارمـــة، لكنها وفرت تعليما راقيا، فضلا عن أنها تضمن، ولو في البداية على الأقل، وظيفة على مدى الحياة مع نهاية مراحل التعليم. ولم يكن هذا موضع تقدير من الجميع. ونحن نعرف أن فريدريك شيللر تخرج في هذه الأكاديمية العام 1782، لكنه اصطدم على الفور مع الســـلطات المســـؤولة لأنـــه لا يريد وظيفـــة مدى الحيـــاة، إذ كان يريد أن يكون شـــاعرا وكاتبا مسرحيا، ولكن الأكاديمية أرغمته على العمل جراحا للفوج (*)، إلى أن فر من المنطقة في العام 1784، مســـتعينا بنفوذ شارل - إيوجين، في اللحظة ذاتها التي شرع كوفيير في الخطو على طريق حياته الجديدة. لكن انقلب الوضع وقتما تخرج كوفيير نفســـه، حيث حققت الأكاديمية (والمؤسســـات المماثلة في مختلف أنحاء ألمانيا) نجاحا كبيرا في مهمتها بحيث تخرج فيها عـــدد كبير مؤهلين للعمل مديريـــن بأكثر من الوظائف المتاحة لهم. وهكذا فـــإن كوفيير، مثله مثل كثيرين من معاصريه، لم يتول وظيفة مدى الحياة، بل تركته المؤسسة بدلا من ذلك ليبحث مستقلا عن موارده الخاصة. لكنه للأســـف، لم يكن يملك موارد مالية على الإطلاق. والتمس عملا ينتفع به علـــى المدى القصير إلى حين تقدير الموقف. وعمل مدرســـا خاصا لعائلة نورمانـــدي، في كين، ليحل محل شـــاب آخر من مونبليـــار يدعى جورج - فريدريك باروت انتقل إلى عمل أفضل وزكى زميله ليكون خلفا له.

(*) يعطينا هذا صورة غير مســـتحبة للجراح منحنيا فوق مريضه ممســـكا المبضع ليفض ما في باطنه «تعرف أنني أريد فعلا أن أكون شاعرا»، قبل أن يبدأ أي عمل.

وكما تقول اللعنة الصينية المشكوك في صحتها، هذا هو الوقت المفضل للعيش في فرنسا. إذ كانت نورماندي، لحسن الحظ، بعيدة أول الأمر عن الهبات السياسية التي تحدث في باريس، واستطاع كوفيير أن يؤسس من جديد اهتماماته الخاصة بعلم النبات وعلم الحيوان (والتي ازدهرت في شتوتغارت وكتب عنها لأصدقاء له كانوا معه في الجامعة)، وتيسر له دخول الحدائق النباتية في كين ودخول مكتبة الجامعة. وعمل كوفيير مدرسا خاصا لعائلة المركيز دي هيريكي وأسرته وتولى مهمة التدريس لابنهم أخيل. وامتلكت العائلة مسكنا في كين، وقصرين متواضعين، وإن كانت لا تستخدم أساسا سوى واحد فقط منها، في فيكوينفيل للإقامة فيه صيفا.

وعلى الرغم من أن الذكرى السنوية للثورة الفرنسية تحددت رسميا في 14 يوليو لتكون تذكارا للهجوم العاصف على سجن الباستيل العام 1789، فإن الإصلاحات المحدودة التي اتخذتها الجمعية الوطنية استجابة للهبات التي وقعت خلال تلك السنة، أخفت بشكل أو بآخر أمورا حتى العام 1791، عندما بدأت العائلة المالكة موجة التغيير الثانية بسبب محاولتها الفاشلة للهرب. وفي تلك السنة، وقعت نورماندي ضحية الاضطرابات والفوضى، وأغلقت الجامعة وامتلأت الطرقات بأحداث الشغب بسبب الجوع. الجدير بالذكر أن المركيز دو هيركي وكذا زوجها، لكن بدرجة أقل، كانا متعاطفين إلى حد ما مع بعض مطالب الإصلاحيين، لكنهما بحكم كونهما من أبناء الأرستقراطية فإنهما شعرا بخطر يتهددهما، ومن ثم انتقلت المركيز وابنها أخيل ومعهما كوفيير للإقامة الدائمة في مقر الإقامة الصيفي في فيكوينفيل التماسا للأمان. واعتاد المركيز الزوج زيارتهم بين الحين والآخر، لكنهما انفصلا في ذلك الحين (ربما حيلة للحفاظ على بعض ممتلكات الأسرة باسمها، أيا كان مصير المركيز). وتحولت فرنسا إلى جمهورية، وسنحت الفرصة لكوفيير الذي يعيش في الريف حياة هادئة، أن يصبح بالفعل عالما وباحثا طبيعيا ميدانيا. واقتفى عن وعي وإرادة أثر لينايوس في تحديد ووصف مئات الأنواع. وشجعه هذا على تطوير أفكاره عن الطريقة الأمثل للتصنيف والعلاقة بين الأنواع المختلفة

من الحيوانات والنباتات، وبدأ ينشر في كبريات الصحف الفرنسية، وأقام اتصالات عبر المراسـلات مع كبار المؤرخـين الطبيعيين في باريس. لكن لم يكد يبدأ ليصنع لنفسـه اسما، حتى دخلت فرنسا أشد مراحل الثورة خبثا، وهي الفترة المعروفة باسـم عصر الإرهاب، الذي بدأ بإعدام لويس السـادس عشر وماري أنطوانيت العام 1793، وامتد عصر الإرهاب أكثر من سـنة، ووصل إلى كل ركن من أركان فرنسـا. وأُعدم أكثر من 40 ألفا مـن خصوم (أو من تخيلوا أنهم خصوم) نظام حكم اليعاقبة، إذ كان المرء إما مع اليعاقبة أو ضدهم، وشـمل كومونـة (مجتمع محلي) بيك - أو - كوشـوا Bec - Aux- Cauchois الذي يضم فيكوينفيل. ووجد كوفيير أن من الحكمة أن يكون معهم. وعمل من نوفمبر 1793 وحتى فبراير 1795 سـكرتيرا (براتب 30 جنيها في السنة) للكومونة، مما هيأ له نفوذا مهما أفاد منه لإنقـاذ عائلة دي هيريكي من مظاهر التطرف الخطرة في تلك الفتـرة. ونظرا إلى أن كوفيير أصبح معروفا لدى الأوسـاط العلمية في باريس فقد اشـتهر أيضا، لكن على مسـتوى أدنى، كمدير متمكن يحظى بكل أسـباب الثقة السياسية. ومع انحسـار (*) الإرهاب في مطلع العام 1795، زار كوفييـر باريس بصحبة أخيل دي هيريكي (الذي يبلغ الآن 18 عامـا ولم يعد في حاجة إلى معلم خـاص). وليس واضحا تماما الهدف من الزيارة، نظرا إلى تعمد إخفائها، لكن التفسـير المرجح أكثر من سواه أن كوفيير حاول عمل مركز قوة لمصلحة العائلة، لتسـتعيد بعض أملاكها التي استولت عليها الثورة. هذا فضلا عن التماس فرصة لتعزيز اتصالاته العلمية بشـكل مباشـر في باريس، وإمكان العثور على وظيفة في متحف التاريخ الطبيعـي (الذي يضم حديقة النباتات، والتي كانت في السـابق حديقة الملك). ويبدو واضحا من دون شـك أن هذه المحادثات واعدة، لأن كوفيير عاد إلى نورماندي واسـتقال من وظيفته كسـكرتير للكومونة، ثم قفل عائدا إلى باريس وهو على وشك بلوغ السادسة والعشرين من عمره بعد أشهر قليلة.

(*) تمت الإطاحة باليعاقبة من السلطة وحلت محلهم حكومة الإدارة العام 1795 التي استمرت حتـى العام 1799، قبـل أن يطيح بها الانقلاب الـذي أتى بنابليون إلى السـلطة. وخلال هذه الأحداث ابتلعت فرنسا الثورة مونبليار العام 1793م.

وانضم كوفيير إلى طاقم العاملـــين في متحف التاريخ الطبيعي للعمل مساعدا لأستاذ التشريح المقارن، وبقي مرتبطا بالمتحف (حيث ارتقى إلى كثير من المناصب الرئاســية، كما تولى أيضـــا مناصب في الخارج) طوال حياتـــه. وبعد التقلبات الكبيرة التي اعترضت حياته في شـــبابه، بدأ يمد جـــذوره في باريس، ورفض (من بين عروض أخرى) عرضا أن يكون ضمن فريق العلمـــاء المصاحب لنابليون إلى مصر العـــام 1798، وعُين بعد عام أســتاذا للتاريخ الطبيعي في الكلية الفرنسية (كوليج دي فرانس)، ثم بعد عام آخر بدأ في نشــر مؤلفه الرائع الذي اكتملت مجلداته الخمسة تحت عنوان «محاضرات في التشــريح المقــارن» (Lectures in Comparative Anatomy)، ومع ذلك ظل دائما في حاجة إلى المال، وتولى وظائف متباينة في الحكومة وفي التعليم يتداخل بعضها مع بعض في الوقت نفســه، وكل هذا لضمان بعض الأمان لنفسه. وقام كوفيير بدور رئيسي، من بين أعمال أخـــرى، لتنظيم جامعة الســـوربون الجديدة. وظل منـــذ نحو العام 1810 وحتى وفاته في باريس (ضحية انتشـــار وباء الكوليرا) في 13 مايو 1832 أهـــم عالم بيولوجي في العالم، راســـخ القدمين تمامـــا، حتى أن مناصبه لم تصـــادف تهديدا حقيقيا إثر عودة البوربـــون إلى العرش العام 1815، وتزوج بأرملة (العام 1804) تدعى آن - ماري دوفوسيل، أتت ومعها أربعة أطفال، وثمة دلائل (*) على أنه قبل هذه الزيجة كان له طفلان على الأقل من عشيقة عاشت معه زمنا طويلا ولم يسجل التاريخ اسمها. وحصل في العـــام 1813 على لقـــب بارون، والمعروف أنه من النـــادر جدا ارتقاء أحد البروتستانتيين إلى طبقة النبلاء في فرنسا في تلك الفترة.

ووضع كوفيير معايير على أساس التشريح المقارن زودتنا ببصيرة نافذة لطريقة عمل أعضاء الجسم المختلفة معا لدى الحيوان، وسرعان ما ثبتت أهميتها القصوى في تفســـير وتصنيف بقايا الأحفوريات. وأكد هذا النهج عند مقارنة هيكل جســـم الحيوانات اللحمية والحيوانات العاشبة، ذلك أن الحيوان الذي يعيش على أكل اللحم لا بد أن تكون سيقانه من النوع الذي يساعده على سرعة العدو للحاق بالفريسة، وكذلك نوع الأسنان الصالحة

(*) انظر Qutram.

لتمزيق اللحم، ومخالب ليقبض بها على فريسته، وهكذا. ونجد في المقابل الحيوانات التي تأكل النباتات لها أسنان مستوية للطحن، وحوافر بدلا من المخالب، وغير ذلك من القسمات المميزة. وبالغ كوفيير قليلا حين زعم في كتابه «محاضرات» أن الخبير في وسعه أن يعيد تصور بنية حيوان كامل بمجرد النظر إلى عظمة واحدة من عظامه، وهذا صحيح يقينا حتى إن لم يكن المرء خبيرا، إذ يمكن تحديد سنة واحدة بأنها من القواطع في مقدمة الفم، ويقول عن يقين إن هذه السنة، على سبيل المثال، لحيوان له أظلاف وليس مخالب (*).

وأفادت دراسات كوفيير المقارنة، في حدود الاهتمام بعالم الأحياء، بأنها قادته إلى التحقق من أنه ليس في الإمكان تصور أن جميع أشكال الحياة الحيوانية على وجه الأرض من نسل منظومة خطية وحيدة تربط ما يسمى بأشكال الحياة الأدنى مرتبة بما يسمى الأشكال الأرقى مرتبة (من بينها الإنسان بطبيعة الحال، الذي يحتل قمة سلم المخلوقات وفق الاعتقاد)، لكنه بدلا من ذلك رتب جميع الحيوانات في أربع مجموعات أساسية (الفقريات والرخويات والمفصليات والمتشعبات)، وأوضح أن لكل منها نوعها الخاص في التشريح. جدير بالذكر أن التصنيف الفعلي الذي وضعه كوفيير لم يعد مستخدما، لكن مجرد أنه أنجز مثل هذا التصنيف يمثل في حد ذاته قطيعة مهمة مع التفكير القديم عن علم الحيوان، كما يمثل توجها على طريق المستقبل.

وحين طبق كوفيير هذه الأفكار على دراسة بقايا الأحفوريات، استطاع أن يعيد تصور الأنواع المنقرضة، كما ابتكر وحده علم الإحاثة (الباليونتولوجي)، دراسة بقايا حفريات الكائنات الحية في أزمنة جيولوجية سابقة، وتمخض هذا النوع من الدراسة عن نتائج غاية في الأهمية، من ذلك أن أصبح في الإمكان وضع الطبقات التي تحتوي على الأحفوريات وفق ترتيب محدود، من دون تحديد تاريخها بأي معنى مطلق، بل أن نقول أيها أقدم وأيها أحدث. وتعاون كوفيير في هذا العمل مع

(*) لعل من المهم وضع ذلك كله في سياق تاريخي، ونقول إن العمل العظيم الذي أنجزه كوفيير تحقق بعد 200 سنة من العمل العظيم الذي أنجزه غاليليو، وأن المسافة الفاصلة بين غاليليو وكوفيير تعادل المسافة بيننا وكوفيير.

الكسندر برونيار (1770 - 1847)، أستاذ علم المعادن بمتحف التاريخ الطبيعي، واستمر تعاونهما أربع سنوات في سبر أغوار حوض باريس، وتحديد نوع الحفريات، وأين حدثت، وفي أي طبقة من الأرض. وهكذا بمجرد أن تمت المقارنة الأصلية، حتى أصبح في الإمكان اكتشاف الأنماط المعروفة للأحفوريات في أماكن أخرى، ومن ثم تحديد المكان الجيولوجي الصحيح لطبقات الأرض وتحديد تعاقبها الزمني. وأكثر من هذا، أن أصبح في الإمكان استبيان موقع نشأة الحياة الأولى وأين بدأت. وقال كوفيير في طبعات جديدة من كتابه «مقال عن نظرية الأرض» (Discours sur la theorie de la Terre) المنشور العام 1825، لكنه مبني على أساس مادة علمية منشورة العام 1812:

> الشيء المذهل أكثر من سواه هو أن الحياة ذاتها لم تكن موجودة دائما على ظهر الأرض، وكم هو يسير على المراقب أن يتعرف على البقعة المحددة التي خلفت فيها آثار دالة عليها أو لا.

وخلص كوفيير من دراساته إلى دليل واضح يؤكد أن أنواعا كثيرة عاشت في الماضي على ظهر الأرض، لكنها انقرضت الآن. وتبنى، تأسيسا على ذلك، فكرة وقوع سلسلة من الكوارث، وأن كارثة الطوفان التي يحكي عنها الكتاب المقدس فقط الأقرب عهد إلينا، والتي انقرضت خلالها أنواع كثيرة. ومضى البعض بهذه الفكرة إلى أبعد من ذلك وأكدوا أنه عقب كل كارثة عمَّر الرب الأرض بخلق جديد، لكن كوفيير استخف بهذه الفكرة وسار على درب الأغلبية العظمى من زملائه، بقبول فكرة أنه لم تكن سوى مرحلة خلق واحدة في البدء، وأن جميع الأحداث التي وقعت بعد ذلك إنما وقعت وفق خطط (ناموس) من تدبير الرب بداية. ولم ير أي مشكلة في إعادة تعمير الأرض عقب كل كارثة، مؤكدا أن سجل الأحفوريات يوضح ظهور أنواع «جديدة» على ما يبدو، وأنها عمليا أنواع مهاجرة من أنحاء أخرى من العالم لم يتسن اكتشافها حتى مطلع القرن التاسع عشر. وعلى أي حال رأى كوفيير أن تاريخ الحياة على الأرض ممتد إلى ما لا يقل عن مئات الآلاف من السنين، وهو أبعد كثيرا

من تقدير الأسقف أوشير، لكن حتى إن بلغ الجدول الزمني مئات آلاف السنين، فإن هذا يعني أنه لا بد أن تكررت الكوارث الكبرى من مستوى الطوفان حتى يتسنى لنا تفسير كم التغير الذي اكتشفه كوفيير من خلال سجل الأحفوريات. ومع هذا، نجد أن أفكاره عن ثبات الأنواع أدخلته في صراع مع بعض معاصريه الفرنسيين، مما أعاق دراسة التطور في فرنسا في فترة زمنية حاسمة.

جان بابتست لامارك: أفكار عن التطور

الأفكار التي عارضها كوفيير هي جوهريا أفكار جان - بابتست لامارك، المولود العام 1744، والذي سيحتل مكانا بارزا في الفصل الثامن من الكتاب. عمل لامارك، ربيب بوفون، بمتحف التاريخ الطبيعي في باريس قبل وصول كوفيير إلى هناك، وعكف منذ العام 1809 فصاعدا على تطوير نموذج يوضح كيف يحدث التطور تأسيسا على فكرة مؤداها إمكان اكتساب المرء سمات معينة في أثناء حياته ثم تنتقل إلى الأجيال التالية. ويفترض المثل الكلاسيكي القديم (عن خطأ) أن الزرافة إذ تمد رقبتها إلى قمة الشجرة للإمساك بأوراقها فقد أدى ذلك إلى إطالة الرقبة في حياتها، لذلك فإنها تلد ذريتها برقاب أطول من رقاب الأب، إذا لم يحاول في حياته أكل أوراق الشجر العالية. لكن محور الخلاف بين لامارك وكوفيير هو أن لامارك ذهب إلى أنه لم يحدث أن انقرضت أي أنواع، بل تطورت إلى أشكال أخرى، هذا بينما ذهب كوفيير إلى أنه لم يحدث أن تغير نوع ما، بل يمكن فناء جميع الأنواع بسبب الكوارث.

وأفاد إتيين جيوفروي سانت - هيلير (ويشار إليه عادة باسم جيوفري) من أفكار لامارك. ولد جيوفروي العام 1772 وتوفي العام 1844، وهو معاصر قريب جدا زمنيا من كوفيير. وثبت قدميه في حديقة النباتات قبل وصول كوفيير إلى باريس (وسافر جيوفروي إلى مصر، على عكس كوفيير مع نابليون). بدأ جيوفروي خلال العقد الثاني في القرن التاسع عشر في استحداث صورة جديدة لفكرة التطور، والتي تجاوزت أفكار لامارك، وتفيد بإمكان أن يكون للبيئة دور مباشر في التطور. وذهب إلى أن البيئة

يمكن أن تسبب تغيرات في الكائنات العضوية الحية (مقتديا في هذا بدرجة أو بأخرى بالتوجه الخاطئ للامارك)، لكنه استطرد ليثير اقتراحا بأن ثمة عملية يمكن تسميتها الانتخاب الطبيعي:

> وإذا أفضت هذه التعديلات إلى آثار ضارة مؤذية، فإن الحيوانات التي ظهرت عليها هذه التعديلات تهلك ويحل محلها غيرها لها شكل مغاير، وهو شكل متغير بحيث يتكيف مع البيئة الجديدة (*).

وهذا رأي قريب جدا على نحو مثير من الداروينية، ولم يتسن اتخاذ الخطوة التالية وقتذاك بسبب النفوذ غير البسيط لفكر كوفيير.

وعلى الرغم من أن كوفيير وجيوفروي كانا صديقين حميمين، فإنه مع مطلع القرن التاسع عشر نشأت بينهما بغضاء مهنية، ونعرف أن كوفيير العام 1818 ضاق أشد الضيق عندما نشر جيوفروي كتابا زعم فيه أنه أثبت أن جميع الحيوانات لها في الأصل صورة لبنية جسدية واحدة، وأنها اتخذت أشكالا، ليس فقط على طريقة تناظر الأعضاء المختلفة لجسم الحشرة مع الأعضاء المختلفة للفقريات، بل أيضا تربط تصميم البنية الجسدية (للفقريات والحشرات) ببنية الرخويات. وشرع كوفيير العام 1830، وبعد سنة من وفاة لامارك، في شن هجوم حاد ضد جيوفروي لم ينصب فقط على تلك الآثار الخيالية عن العلاقات بين الفقريات والحشرات والرخويات، بل أيضا ضد الفكرة الجديرة بالاحترام (في ضوء حالة المعرفة آنذاك) عن التطور التي قال بها لامارك. وتشبث كوفيير بفكرة أن الأنواع بمجرد أن خلقت حتى بقيت ثابتة على شكلها إلى الأبد، أو على الأقل إلى أن انقرضت. وحث الشباب، من الباحثين المعنيين بدراسة الطبيعة، أن يقصروا دراستهم على وصف العالم الطبيعي من دون إضاعة الوقت مع نظريات تستهدف تفسير العالم الطبيعي. ونظرا إلى نفوذ سلطانه تم قبر اللاماركية (التي كان في الإمكان تطويرها، لولا ذلك، على أيدي الجيل التالي إلى شيء أكثر نضجا، أشبه بالتطور الدارويني)، وهكذا طواها النسيان بشكل أساسي إلى أن نشر داروين نفسه نظرية التطور عن طريق الانتخاب الطبيعي.

(*) الاقتباس من ديفيد يونغ، من كتاب «اكتشاف التطور» (the Discovery of Evolution).

نجد هنا فرصة مناسبة لكي نترك جانبا، وعلى نحو مؤقت، روايتنا بشأن تطور علوم الحياة ونتناول تقدم علوم الفيزياء في القرن الثامن عشر. إذ بينما كانت آفاق البشرية تتسع زمانا ومكانا على مدى القرن الثامن عشر، وخلال أوائل القرن التاسع عشر، نجد أيضا وبفضل علماء الفلك والبيولوجيا إلى حد كبير، أن البحث في مجال عالم الفيزياء شرع في اتخاذ خطوات جبارة (بعد أن أطاح علماء الطبيعة أنفسهم والكيميائيون بقبضة الكيمياء المستميتة). لم يحدث اختراق واحد يصل إلى مرتبة إنجازات نيوتن ومعاصريه، لكن نجد زيادة مطردة في المعارف التي تحققت على مدى هذه الفترة (التي يشار إليها عن صواب باسم التنوير). ونستطيع أن نتبين الآن أنها هي السلف الجوهري للنهج الرائع الذي انطلق على هديه العلم في القرن التاسع عشر.

الكتاب الثالث

التنوير

7

العلم المستنير..
أ: طفرة الكيمياء

«إذ أضفى (لافوازييه) على الكيمياء لغة منطقية، فإنه يسّر كثيرا مهمة علماء الكيمياء عند محاولة توصيل اكتشافاتهم بعضهم إلى البعض»

المؤلف

التنوير

كثيرا ما يشير المؤرخون إلى الفترة التالية للنهضة باسم التنوير، وهو اسم يطلق أيضا على الحركة الفلسفية التي بلغت أوجها في النصف الثاني من القرن الثامن عشر. والقسمة الأساسية المميزة للتنوير هي الإيمان بتفوق وسيادة العقل على الخرافة. ويجسد هذا فكرة أن البشرية تمر بعملية تقدم مرحلي اجتماعية بما يعني أن المستقبل يمثل واقعا أحسن من الماضي؛ وإن أحد مظاهر التحسن يمثلها التحدي لتفسير الدين التقليدي بكل ما يروج له من خرافة. وصادفت كل من الثورة الأمريكية والفرنسية تبريرا فكريا داعما لها من ناحية على أساس

حقوق الإنســـان، باعتبار ذلك مبدأ إرشـــاديا لفلاســـفة التنوير من أمثال فولتير، والنشـــطاء من أمثال توماس بين. وعلى الرغم من أن النجاح الذي حققتـــه فيزيـــاء نيوتن ليس ســـوى عامل واحد من بين عوامـــل كثيرة في التنوير، إلا أنها إذ يســـرت وصفا رياضيا لعالم منضبط، قامت بدور مهم، كما هو واضح، في ازدهار هذه الحركة خلال القرن الثامن عشـــر، وشجع هذا الفلاســـفة من أصحـــاب التوجه العقلاني، مثلما شـــجع أيضا علماء الكيميـــاء والبيولوجيا على التفكير فـــي أن الجانب الخاص بهم في عالم الطبيعة ينبغي تفســـيره على أساس قوانين بسيطة. ولم يقتصر الأمر على ســـبيل المثال، على أن يقدم لينايوس عن وعي نهجـــا مطابقا لنهج نيوتن، بل أكثر من ذلك أن فكرة النظام والعقلانية كوســـيلة لبحث العالم ضربت بجذورها عميقة مع مطلع القرن الثاني عشـــر وبدت هي السبيل الواضح والقويم للتقدم إلى الأمام.

ولعـــل الأمر لم يكن مصادفـــة بالكامل، ذلك أن الثـــورة الصناعية بـــدأت أولا في إنجلترا (فـــي عبارة تقريبية، خـــلال الفترة من 1740 وحتـــى 1780) قبل أن تنتشـــر بعد ذلك في بقيـــة أوروبا. وثمة عوامل كثيرة أسهمت في حدوث هذه الثورة من حيث الزمان والمكان، من بينها الظـــروف الجغرافية والجيولوجية لبريطانيـــا (جزيرة الفحم)، وجعلت منها أيضا الساحة الأولى لما يمكن أن نسميه الديموقراطية (بينما كانت فرنســـا لاتزال خاضعة لنظام الحكم المحافظ الأرســـتقراطي المسمى النظـــام القـــديم Ancien Regime، وكانـــت ألمانيا عنقـــودا منثورا من الولايـــات)، وربما نجد عنصرا من المصادفة البحتة. ولكن أحد العوامل هو يقينا أن النظرة النيوتونية الميكانيكية إلى العالم ترســـخت ســـريعا جدا في وطن نيوتن، وهذا أمر طبيعي تماما.

وبمجـــرد أن بـــدأت الثورة الصناعية تشـــق طريقهـــا، أدت إلى حركة ضخمة في ازدهار العلم ســـواء من حيث إثارة الاهتمام في موضوعات من مثـــل الحرارة والديناميكا الحرارية (التي لها أهمية عظيمة عمليا وتجاريا فـــي عصر البخـــار)، أو في توفير أدوات جديدة ليســـتخدمها العلماء في بحوثهم ودراستهم للعالم.

ولــن نجد هذا واضحا كل الوضوح في أي مجال آخر مثلما نجده في مجال الكيمياء. وليس السـبب هو أن الكيميائيين اتصفوا بالغباء والإيمان بالخرافــات ممــا أدى إلى تخلفهم عــن غيرهم من العلمــاء، وإنما لأنهم ببســاطة كانت تعوزهم الأدوات اللازمــة لأداء مهامهم. ونعرف أن الفلك يمكن إنجازه إلى حد ما من دون أدوات على الإطلاق، مســتخدمين العين البشرية فقط؛ ونجد الفيزياء في القرن السابع عشر اشتملت على دراسة موضوعات يمكن تناولها بســهولة يدويا، مثل الكــرات التي تتدحرج على أســطح مائلة أو تأرجح البنــدول؛ وأكثر من هذا انه حتــى علماء النبات والحيوان كان بوســعهم تحقيق تقدم مســتعينين بأبسط النظارات المكبرة والميكروســكوبات. ولكن ما يحتــاج إليه الكيميائيون أولا وقبل كل شــيء هو مصــدر للحرارة موثوق به ويمكن التحكم فيــه لحث عمليات التفاعل الكيميائي. فإذا كان مصدر الحرارة التي تعمل به هو أساســا كير الحداد، بينما لا نســتطيع قياس درجات الحــرارة، فإن أي عملية تجريب كيميائية ستكون صعبة ويتعذر تجهيز عناصرها. ونجد حتى في القرن التاسع عشر أن الكيميائيين حين أرادوا توفير حرارة يمكن التحكم فيها على نحو أفضل وإجراء تجارب أكثر دقة اضطروا إلى استخدام أعداد مختلفة من الشموع أو المصابيح الكحولية التي بها عديد من فتايل الشموع التي يمكن إطفاؤها أو إشــعالها واحدة فواحــدة؛ وإذا أرادوا الحصول على بؤرة حرارة مركزة فإنهم يضطرون إلى اســتخدام العدســة الحارقة لتركيز أشــعة الشمس. ولكن الحصول على قياسات دقيقة لما يجري في التجربة لم يتيسر إلا بعد أن ابتكر غبرييــل فهرنهيت (1686-1736) مقياس الحرارة «الترمومتر» الكحولي في العام 1709، ولم يتســن اكتشــاف مقياس الحرارة الزئبقي إلا العام 1714، عندما اســتحدث أيضا مقياس الحرارة المدرج المســمى على اســمه تكريما له (*). وتحقق هذا بعد ســنين فقط من انتهاء توماس نيوكومــن (1663-1729) صنع أول محرك بخاري عملي لضخ المياه إلى خارج المناجم. وســوف نرى أن الخطأ فــي تصميم نيوكومن كان أهم مما

(*) أندديرس سيلســيوس (1701 - 1744) اســتكمل مقياس الحرارة المسمى باسمه فقط في العام 1742. (حيث كلمة سيلسيوس تعني مئويا) [المترجم].

هو صواب، لأن الخطأ هو الذي حفز تقدم العلم على أيدي الجيل التالي.

وتساعدنا كل هذه العوامل على تفسير وبيان سبب الهوة الفاصلة بين روبرت بويل الذي أرسى القواعد الثابتة لكي تتحول الكيمياء إلى علم وبين من جعلوا حقيقة من الكيمياء مبحثا علميا أصيلا وقت الثورة الصناعية. وجدير بالذكر أن التقدم منذ أربعينيات القرن الثامن عشر فصاعدا كان تقدما سريعا (وإن تشوش أحيانا) ويمكن فهمه في ضوء الحياة العملية لحفنة من الرجال كانوا أكثرهم متعاصرين ويعرف بعضهم بعضا. ويحتل جوزيف بلاك المكان الأحق بالإعجاب، وهو رائد تطبيق تقنيات كمية دقيقة في الكيمياء، وعمد (قدر المستطاع)، إلى قياس كل شيء تفاعل وكل شيء ناتج عن التجربة.

جوزيف بلاك واكتشاف ثاني أكسيد الكربون

ولد بلاك في بوردو يوم 16 أبريل 1728 (بعد العام واحد فقط من وفاة نيوتن). وتعطينا هذه الواقعة وحدها قدرا من البصيرة النافذة إلى حقيقة الروابط الثقافية بين أنحاء أوروبا المختلفة وقتذاك - والد بلاك، ويدعى جون، مولود في بلفاست، ولكنه متحدر عن سلالة أسكوتلندية، واستقر في بوردو حيث عمل تاجر نبيذ. ونظرا لحالة الطرق التي تصل بين أسكوتلندا وجنوب إنجلترا في القرنين السابع عشر والثامن عشر فقد كانت أسهل طريقة للسفر من غلاسكو مثلا أو أدنبره إلى لندن (والطريق الوحيد للسفر من بلفاست إلى لندن) هو البحر. وبمجرد أن يستقر بك المقام على متن مركب تجد أن من السهل جدا التوجه إلى بوردو. ولا ننسى بطبيعة الحال الرابطة التاريخية حديثة العهد بين أسكوتلندا وفرنسا، الحلف القديم، الذي يعود تاريخه إلى وقت أن كانت أسكوتلندا قطرا مستقلا يرى إنجلترا عدوا طبيعيا له. وهكذا كان الثري أو النبيل الأسكوتلندي، أو التاجر الأسكوتلندي مثل جون بلاك، يعتبر نفسه في بلده حين يكون في فرنسا تماما مثلما يكون في بريطانيا. وتزوج هناك بمارغريت غوردون ابنة أسكوتلندي آخر مغترب، وأنجب الزوجان ثلاثة عشر طفلا، ثمانية أبناء وخمس بنات كبروا جميعا، على غير المألوف وقتذاك، وبلغوا سن النضج.



21 – محرك نيوكومن

ومثلما كان لعائلة بلاك مسكن في بوردو في حي شارترون، كذلك امتلكت مزرعة ومسكنا ريفيا به كرمة. وشب جوزيف في هذه الأوضاع المريحة وتلقى على يدي أمه قسطا كبيرا من التعليم، إلى أن بلغ الثانية عشرة من العمر، وقتما أرسلته الأسرة للعيش في بلفاست مع أقارب له والالتحاق بمدرسة تمهيدا للالتحاق بجامعة غلاسكو التي التحق بها فعلا العام 1746، ودرس بلاك أولا اللغات والفلسفة، ولكن نظرا لأن الأب أراد له أن يتخصص في إحدى المهن، فإنه في العام 1748 حول إلى الطب والتشريح اللذين درسهما لمدة ثلاث سنوات على يدي وليام كولين (1710-1790)، أستاذ الطب. واعتاد كولين تدريس الكيمياء أيضا للدارسين عنده، ونظرا إلى أنه معلم متميز لديه أحدث المعارف عن العلم في عصره، حقق إسهاما مهما خاصا به عندما برهن على أن درجات الحرارة المنخفضة جدا يمكن أن تحدث نتيجة لبخر الماء

أو أي من السوائل الأخرى. واستخدم مضخة هواء لإحداث برودة عن طريق حث السوائل على البخر تحت ضغط منخفض. واخترع كولين (بمساعدة واحد من تلامذته، يدعى دكتور دوبسون) ما يعتبر بالفعل أول جهاز تبريد. وبعد أن اجتاز بلاك امتحانات الطب في غلاسكو انتقل (في العام 1751 أو 1752) إلى أدنبره لإنجاز بحث أثمر حصوله على درجة الدكتوراه. وهذا هو البحث الذي قاده إلى أشهر إسهاماته في العلم.

واستبد قلق شديد في تلك الأثناء بمهنة الطب بسبب استخدام الطب الشعبي القائم على الشعوذة لتخفيف أعراض «الحصى» التي تصيب الجهاز البولي (حصوات البول). واستهدفت هذه العلاجات إذابة الحصوات المسببة للآلام، واشتملت على تناول المريض شرابا ما يبدو في عيوننا الحديثة شيئا مذهلا كأن يشرب مزيجا قوي التأثير مثل هيدروكسيد البوتاس الكاوي وغير ذلك من القلويات شديدة التأثير. وشاعت كثيرا هذه العلاجات بعد أن عزز روبرت وولبول، أول رئيس وزراء في بريطانيا، استخدام دواء خاص من هذا النوع قبل ذلك بثلاث سنوات، إذ كان مقتنعا بأنه شفي من مرضه بسببها. وحدث بينما كان بلاك لايزال طالب طب أن بدأ استخدام نوع من القلويات الخفيفة اسمه «المغنيسيا البيضاء» في مجال الطب لعلاج حموضة المعدة، وقرر أن يكون بحث خصائص المغنيسيا البيضاء موضوعا لرسالته الجامعية، على أمل أن تكون اكتشافا لعلاج مقبول للحصوات البولية. وتحطم هذا الأمل؛ ولكن بلاك عرف طريقه لإجراء بحوثه، الأمر الذي قاده لعمل دراسة علمية أصيلة عن الكيمياء، كما قاده لاكتشاف ما نعرفه اليوم باسم ثاني أكسيد الكربون، وبين لأول مرة أن الهواء مزيج من غازات وليس من مادة وحيدة.

وحتى نضع كل هذا في منظوره الصحيح، نقول إن علماء الكيمياء في زمن بلاك كانوا يعرفون شكلين فقط للمادة القلوية مخفف وقوي. ويمكن تحويل القلويات المخففة إلى أخرى قلوية شديدة التأثير عند غليها مع هيدروكسيد الكالسيوم (الجير المطفأ)، ونحصل على الجير

المطفأ عن طريق إطفاء الجير الحي بالماء، ونحصل على الجير الحي عن طريق تسخين الحجر الجيري (حجر الكلس) (الطباشير أساسا) في قمينة، أي أتون - وهنا جوهر المسألة، ذلك لأن الاعتقاد السائد وقتذاك أن الخصائص الكاوية للمواد هي نتيجة نوع من حشوة النار المستمدة من قمينة الحرق، وتضاف إلى الجير، وتنتقل عبرها إلى العمليات المختلفة لإنتاج القلويات الحادة. وأول اكتشافات بلاك هي أن المغنيسيا البيضاء عند تسخينها تفقد وزنها. وحيث إننا لا نجد أي سائل، فإن هذا يعني فقط أن «الهواء» تصاعد من المادة. وتبين له بعد ذلك أن جميع القلويات المخففة تكون فوارة عند معالجتها بأحماض، وهو ما لا يحدث مع القلويات الحادة. إذن فإن الاختلاف بين نوعي القلويات سببه أن القلويات المخففة تحتوي على «هواء مثبت أو مختزن ويمكن إطلاقه بفعل تسخين أو بالحامض، وهو ما لا يحدث بالنسبة للقلويات الحادة. أو بعبارة أخرى نقول إن الخصائص الكاوية ليست نتيجة اشتمالها على ما سمي «حشوة النار».

وأدى هذا إلى إجراء سلسلة من التجارب كان الميزان يمثل فيها الأداة الأساسية، حيث يلزم وزن كل شيء مع كل خطوة. مثال ذلك أن بلاك وزن كمية من الحجر الجيري (حجر الكلس) قبل تسخينها لإنتاج جير حي ليزنه بعد ذلك. وأضيفت كمية من الماء إلى الجير الحي لعمل جير مطفأ وتم وزنه. ثم أضيفت كمية من قلوي مخفف بعد وزنه وحولت الجير المطفأ ثانية إلى الكمية الأصلية من الحجر الجيري. واستطاع بلاك في ضوء تغيرات الوزن في كل مرحلة من المراحل المختلفة للتجربة أن يحسب وزن «الهواء» المثبت الذي أمكن الحصول عليه أو فقدانه في التفاعلات المختلفة.

وأجرى بلاك سلسلة أخرى من التجارب على «الهواء» المنطلق من القلويات المخففة، مثل استخدامه لإطفاء شمعة مضاءة، وأوضح بلاك بتجاربه هذه أن هذا الهواء الخارج غير الهواء العادي، وإن كان لا بد موجودا في الغلاف الجوي متناثرا في كل أنحائه. أو لنقل هذا بعباراتنا المعروفة لنا الآن إن الهواء مزيج من الغازات. وبدا هذا وقتها

اكتشافا مذهلا. وتألفت من كل هذه الأعمال القاعدة الأساسية التى بني عليها بلاك رسالته الجامعية التي تقدم بها العام 1754، وصدرت في صورة موسعة العام 1756. إنها لم تفد فقط في حصول بلاك على درجة الدكتوراه، بل جعلت اسمه ملء الأسماع في أسكوتلندا أولا، وبشكل فوري، ثم سرعان ما اشتهر داخل الأوساط العلمية باعتباره عالما كيميائيا رائداً. وبعد أن أكمل بلاك دراساته الطبية، شرع في ممارسة الطب في أدنبره، ولكن في العام التالي أصبح كرسي الكيمياء في جامعة أدنبره شاغرا، وتم تعيين وليام كولن، معلم بلاك سابقا، في المنصب. وترك هذا فراغا في غلاسكو. حيث أوصي كولين بتعيين تلميذه السابق الذي يعمل الآن أستاذا في الطب ومحاضرا في الكيمياء العام 1756، فضلا عن ممارسته الخاصة للطب وهو في الثامنة والعشرين من العمر. وتميز بلاك بأنه أستاذ ملتزم بما يمليه عليه ضميره ومبادئه واعتاد تقديم محاضرات تستحوذ على الاهتمام وجذبت الطلاب إلى غلاسكو (ثم بعد ذلك إلى أدنبره) وأقبلوا عليها من كل أنحاء بريطانيا وأوروبا بل وأمريكا [*]، وأحدثت محاضراته تأثيرا ضخما على الجيل التالي من العلماء (واحتفظ أحد تلامذته بمذكرات تفصيلية للمحاضرات، ونشرها عام 1803، والتي استمر تأثيرها لتلهم طلاب القرن التاسع عشر). ولكن على الرغم من استمراره في عمل البحوث، فإنه لم يكد ينشر أيا من نتائجها، سوى عرضها من خلال محاضراته على الطلاب الجامعيين قبل التخرج أو عرضها في الجمعيات العلمية. وهكذا احتل الشباب مكان الصدارة في الصفوف الأولى حتى تتسنى لهم مشاهدة العلم الجديد وهو يتكشف مزدهرا أمام أعينهم، وطور بلاك على مدى السنوات القليلة التالية البحوث الخاصة بموضوعات رسالته العلمية، وأوضح خلال ذلك أمورا عدة من بينها أن ما يسمي «الهواء المثبت» تنتجه عملية التنفس عند الحيوانات كما تنتجه عملية الاختمار وحرق الفحم النباتي. بيد أنه لم يحقق أي اختراق علمي رئيسي آخر في الكيمياء، وتحول اهتمامه أساسا إلى الفيزياء بحلول ستينيات القرن الثامن عشر.

(*) أحد تلامذة بلاك، ويدعى بنجامين رش (1746 - 1813)، أصبح فيما بعد الأستاذ الأول للكيمياء في الولايات المتحدة في كلية فيلادلفيا في العام 1769.

بلاك ودرجات الحرارة

الإسهام الرئيسي الآخر الذي أسهم به بلاك في العلم خاص بطبيعة الحرارة. نعرف أن الحرارة استحوذت على اهتمام كثيرين من أمثال كولين وبلاك وغيرهما من المعاصرين، ولم يكن ذلك بسبب ما للحرارة من أهمية في ذاتها داخل معمل الكيمياء، بل ولدورها بالنسبة للثورة الصناعية الوليدة. وأوضح مثال هنا تطور المحرك البخاري (الذي سنعرض له بتفصيل أكثر بعد قليل)؛ ولكن لنفكر أيضا في ازدهار صناعة الويسكي في أسكوتلاندا التي تستخدم كميات ضخمة من الحرارة المتولدة عن البخر عند تكثيفه ثانية ليتحول إلى سائل. وطبيعي أن كانت هناك أسباب عملية دعت بلاك إلى بحث مثل هذه المشكلات في مطلع ستينيات القرن الثامن عشر، ولكن من المرجح أيضا أن علاقته الوثيقة مع كولين حفزت اهتمامه لفهم ما يحدث حال تبخر السوائل. بحث بلاك الظاهرة المعروفة، وهي أن الثلج حين يذوب يظل عند درجة الحرارة نفسها، بينما المادة الصلبة تتحول إلى سائل. وطبق بلاك هنا منهجه الحذر والكمي، وأجرى قياسات أوضحت أن الحرارة اللازمة لإذابة كمية من الثلج وتحويله إلى ماء هي نفسها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كمية الماء نفسها من درجة الذوبان إلى درجة 140 فهرنهيت. ووصف الحرارة التي امتصها الجسم الصلب حال ذوبانه وتحوله إلى سائل عند درجة الحرارة نفسها بأنها حرارة كامنة، وأدرك أن وجود هذه الحرارة هو الذي جعل الماء سائلا وليس صلبا - إذ وضع تمايزا حاسما بين مفهوم الحرارة ومفهوم درجة الحرارة وقال، على المنوال نفسه، توجد حرارة كامنة مقترنة بانتقال الماء السائل إلى بخار (أو أي سائل آخر عند تحوله إلى حالته البخارية)، وبحث بلاك هذه الظاهرة أيضا كميا. وأطلق اسم «الحرارة النوعية» على كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كمية معينة من مادة نختارها بقدر محدد من (حسب الاستخدام الحديث قد يكون هذا هو كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 غرام من مادة ما إلى 1 درجة مئوية). ونظرا لأن الماء في كل حالاته له حرارة نوعية واحدة، فإننا إذا أضفنا، كمثال، ماء يزن رطلا عند درجة التجمد (32° ف) إلى ماء يزن رطلا عند درجة

الغليان (212° ف)، تكون النتيجة رطلين من الماء عند درجة حرارة (122° ف)، أي درجة حرارة عند وسـط الطريق بـين طرفين. هنا رطل من الماء زادت درجة حرارتـه إلى 90° ف، بينما الرطل الآخر نقصت درجة حرارة بنسـبة 90° ف. ولكن، في مثال آخر، الحـرارة النوعية للحديد أصغر من الحرارة النوعية للماء، ومن ثم إذا صببنا رطل ماء عند درجة حرارة 212° ف، فـوق رطل حديد عند درجة حرارة 32° ف، فإن درجة حرارة الحديد سـتزيد بأكثر من 90° ف. وصف بلاك جميع هذه الاكتشافات أمام نادي الجامعة الفلسفي في 23 أبريل 1762، ولكنه لم ينشرها مكتوبة، وأجرى بلاك تجارب على البخار، وساعده فيها شاب متخصص في صنع الأدوات والأجهزة في الجامعة، اسـمه جيمـس وات، الذي صنع جهازا لبلاك كما شاركه في إجراء بحوثه عن البخار، وجمعت بين الاثنين صداقة متينة، ولن نجد من يشـعر بالامتنان أكثر من بلاك؛ ذلك لأن إنجازات وات في مجال المحرك البخاري حققت لبلاك شهرة وثروة معا.

وغادر بلاك غلاسكو العام 1766 عندما تم تعيينه أستاذا للكيمياء في إدنبره خلفـا لوليام كولين. وكان طبيبا وصديقا لآدم سـميث ودافيد هيوم وعالم البيولوجيا الرائد جيمـس هاتون (وآخرين). لم يتزوج، وترك تطوير تقنيـات الكيمياء التحليلية التي اخترعها لكـي ينهض بها آخرون (ونخص بالذكر هنا أنطوان لافوازييه)، ولكنه ظل شخصية مرموقة في ساحة التنوير الأسكوتلندي. وعلى الرغم من أن بلاك ظل محتفظا بعمله أستاذا بالجامعة إلى أن وافته المنية إلا أنه كان يزداد ضعفا في أواخر حياته، وقدم سلسـلة مـن المحاضرات خلال العام الدراسـي 1796/1797. مات في هدوء في العاشر من نوفمبر 1799، وهو في الحادية والسبعين من العمر.

المحرك البخاري:

توماس نيوكومن وجيمس وات والثورة الصناعية

علـى الرغم من أن هذا الكتاب ليس عن تاريخ التكنولوجيا كذلك، ولا هـو عن تاريخ الطب، إلا أنه يجدر بنا أن نلقي نظرة على إنجازات صديق بـلاك المدعو جيمس وات، وذلك لأن هـذه الإنجازات تمثل معلما لخطوة

مهمة على الطريق إلى المجتمع المؤسس على العلم الذي نعيش فيه الآن. وثمة شيء محدد نخصه بالذكر فيما يتعلق بإنجازات وات، وهو أنه أول من تناول طائفة من الأفكار في أحدث صورها في بحوث عصره عن العلم وعمد إلى تطبيقها في تحقيق تقدم تكنولوجي رئيسي. وواقع الحال أنه كان يعمل في الجامعة وهو على علاقة مباشرة مع الباحثين من أجل إنجاز فتوحات علمية (*)، وكأنما يبشر بالنهج الحديث حيث الصناعات الحديثة للتكنولوجيا العالمية تضم معامل وثيقة الصلة بالبحوث العلمية؛ والحقيقة أن إنجازات وات خلال النصف الثاني من القرن الثامن عشر في مجال المحرك البخاري تمثل تكنولوجيا عالية بكل معنى الكلمة وقتذاك. ولنا أن نقول إن أسلوب وات بكل عناصره، والذي حدد نهجه في العمل هو الذي حدد الاتجاه لمسار تطوير التكنولوجيا في القرنين التاسع عشر والعشرين.

ولد وات في غرينوك على ضفاف نهر كلايد يوم 19 يناير العام 1736. وكان أبوه (يدعي جيمس أيضا) نجار سفن حرص على تنويع أنشطته، ومن ثم أصبح تاجرا للوازم السفن، ثم عمل في بناء السفن ومالكا لسفن وتاجرا (وبذلك يبني سفينة ويجهزها بكل لوازمها ويوفر لها حمولتها ويرسلها بحمولتها لبيعها في ميناء أجنبي). وأنجبت أم جيمس، واسمها أغنيس، ثلاثة أطفال قبل جيمس ولكنهم ماتوا جميعا صغارا. وأنجبت طفلا خامسا اسمه جون ولدته بعد ثلاث سنوات من ميلاد جيمس، وظل على قيد الحياة في طفولته ثم فقدته الأسرة في البحر (من على متن سفينة مملوكة لأبيه) وهو لايزال صغيرا.

حظي جيمس وات الأصغر بتنشئة ناعمة وتعليم أساسي جيد في المدرسة الابتدائية المحلية، على الرغم من أنه كان يعاني من صداع نصفي واعتادت الأسرة النظر إليه باعتباره هشا بدنيا؛ وأبدي اهتماما بورشة أبيه أكثر من اهتمامه بالمدرسة. واعتاد صناعة نماذج لآلات مختلفة وغير ذلك من أجهزة، بما في ذلك صناعة أرغن يدوي. ولم يرسله الأب إلى الجامعة، لأنه اعتزم أن يتولي جيمس مشروعات عمل الأسرة القائم على صناعة السفن. بيد أن هذه الرغبة توارت واختفت إثر سلسلة من الاخفاقات في

(*) وضمت مجموعة أصدقائه، عدا بلاك، جيمس هاتون الذي صاحبه في رحلات استكشافية جيولوجية.

مشــروعات الأســرة، بما في ذلك عديد من اهتمامات جيمس الأساسية. وبينما كان جيمس في أواخر العشــرينات من العمر، وجد نفسه مضطرا إلى أن يتكسب معاشه بنفسه. وفي العام 1754، ذهب إلى غلاسكو ليتعلم مهنــة صانع لآلات رياضيــة، ثم رحل إلى لندن العــام 1755، حيث تلقى برنامجا دراســيا لمدة عام مقابل مصروفــات قدرها 20 جنيها (*) علاوة على عمله، حيث درس نوعا من التلمذة المكثفة على يدي واحد من أفضل صناع الآلات في البلد. وعاد إلى أســكوتلندا العام 1756، وأراد الشــروع فــي عمل خــاص به في غلاســكو، ولكن طوائف الحرفيــين، بما لها من ســطوة، منعته من ذلك نظرا لأنه لم يخدم في مجــال التلمذة التقليدية؛ لكن في العام التالي، زودته الجامعة بورشة وإقامة داخل محيط الجامعة، حيث عمل صانعا للأجهزة الرياضية لحساب الجامعة، علاوة على إمكانية القيام بأعمال خاصة لحسابه. والمعروف أن الجامعة تملك سلطة عمل ما تشــاء داخل المحيط الخاص بمبانيها، وجدير بالذكر أن كثيرين من أمثال آدم ســميث (الذي كان أستاذا وقتذاك في غلاسكو) كانوا يمقتون أسلوب الطوائف الحرفية في ممارسة سلطاتها.

اســتطاع وات أن يبنــي حياته فــي موقعه الجديــد، وتوافر له وقت للانغماس في إجراء بعض التجارب على قوة البخار، وحفزه إلى ذلك أحد الطلاب في غلاسكو يدعى جون روبنسون، الذي اقترح على وات في العام 1759 إمكانية اســتخدام قــوة البخار لدفع عربة متحركــة. وعلى الرغم من أن هذه التجارب لم تثمر شــيئا إلا أنها تعني أن وات أصبح لديه قدر مــن الفهم للمحركات البخارية، وتجلي هــذا عندما طلب البعض منه في شتاء 1764/1763 إصلاح نموذج متحرك لمحرك نيوكومن الذي اشترته الجامعة (والمشكلة بالنسبة للنموذج المتحرك أنه لا يتحرك).

وأنشــأ توماس نيوكومن (1664-1729) ومســاعده جون كالي أول محــرك بخاري ناجح العام 1712، عنــد منجم فحم قرب قلعة دادلي في وســط إنجلترا. وعلى الرغم من أن آخرين أجــروا تجارب قبل ذلك على المحــرك البخاري، فإن المحرك الذي صنعه نيوكومن هو أول محرك عملي

(*) guinea جنيه، عملة إنجليزية متداولة من 1663 حتى 1813، وتساوي جنيها وشلنا [المترجم].

أدى مهمة مفيدة – ضخ المياه إلى خارج المنجم. وجدير بالإشارة أن القسمة المميزة لمحرك نيوكومن أنه يشتمل على تجويف مكبس رأسي وكباس، ويتم تركيبه بحيث يكون الكباس ملحقا عن طريق ذراع بثقل موازنة. ومع تساوي كل شيء يهبط الثقل إلى أسفل فيرفع الكباس إلى أعلى تجويف المكبس. ولكي يعمل المحرك، يمتلئ تجويف المكبس، الموجود تحت الكباس بالبخار. ثم يدخل رذاذ ماء بارد إلى داخل تجويف المكبس مما يؤدي إلى تكثيف البخار، وينشأ عن ذلك فراغ جزئي. ويدفع الضغط الجوي الكباس إلى أسفل وسط الفراغ رغما عن ثقل الموازنة. وبمجرد أن يصل الكباس إلى قاع تجويف المكبس يدخل البخار أسفل الكباس، مما يعادل الضغط (أو حتى يرفعه ليزيد قليلا جدا عن الضغط الجوي وإن كان ذلك غير ضروري)، وهكذا يمكن لثقل الموازنة أن يرفع الكباس ثانية إلى أعلى تجويف المكبس. وتتكرر الدورة (*).

ولكن بعد أن أصلح وات ميكانيكا نموذج محرك نيوكومن، تبين له أنه عند تشغيله وامتلاء الغلاية كاملة بالبخار، لا يتحرك إلا أشواطا قليلة جدا قبل أن يتم استهلاك كل البخار، ومع أنه كان من المفترض أن يكون نموذجا لبيان نسبي كاملا لمحرك يتحرك لمسافة أطول. وأدرك وات أن السبب هو ما نعرفه باسم مفعول المقياس – وسبق أن أوضح نيوتن هذه الظاهرة في كتابه البصريات Opticks إذ قال إن جسما صغيرا يفقد حرارته على نحو أسرع من جسم كبير له الشكل نفسه (سبب ذلك أن الجسم الصغير مساحة سطحه الذي تتسرب منه الحرارة أكبر قياسا إلى نسبة حجمه الذي يختزن الحرارة). ولم يشأ وات أن يهز كتفيه ويقبل فكرة أن نموذج البيان النسبي لا يمكنه التحرك مثل تحرك الجسم الحقيقي، وإنما تفحص بدقة المبادئ الأساسية العلمية لتشغيل المحرك، ليرى إن كان بالإمكان جعله أكثر كفاءة – مع معرفته أن التحسينات نفسها يمكن أن تجعل محركات البخار بحجمها الطبيعي أكثر فعالية وكفاءة من محركات نيوكومن.

(*) لأن الضغط الجوي هو الذي يدفع الكباس إلى أسفل، اعتاد البعض أحيانا على تسمية محرك نيوكومن المحرك الجوي atmospheric engine، وات هو الذي أدخل البخار ليكون سائل التشغيل في تصميماته، وهذا هو السبب في الإشارة إليه كثيرا باعتباره مخترع المحرك البخاري، على الرغم من أن محركات نيوكومن تستخدم البخار.

حـــدد وات أن القدر الأكبر مـــن فقدان الحرارة في محرك نيوكومن إنما يحدث نتيجة الحاجة إلى تبريد كل تجويف المكبس (الذي بوســـعه إنتاج قدر كبير من الحرارة، نظرا إلى حجمه الكبير) مع كل شـــوط يقطعه الكباس، ثم يعيد تسخينه عند العودة إلى ما يزيد درجة غليان الماء في كل مرة، مما يسمح له بملء التجويف بالبخار. وأدرك أن الحل هو استخدام تجويفين (سلندرين أحدهما يظل ســـاخنا طول الوقت (الـــذي يتحرك الكباس في داخله)، ويظل الثانـــي باردا طول الوقت (فـــي النماذج الأولى القديمة، عن طريق غمســـها في خزان ماء). وهكذا عندما يكون الكباس في أعلى الشـــوط، ينفتح صمام ليتدفق البخار عبره من تجويف المكبس (سلندر) الساخن إلى تجويف المكبس (الســـلندر) البارد، حيث يتكثف البخار، ومن ثم ينشأ الفراغ الجزئي اللازم. وينغلق هذا الصمام عندما يكون الكباس عند قاع الشوط، وينفتح صمام آخر يســـمح بدخول بخار جديد إلى تجويف المكبس (السلندر) الذي لايزال يعمل بدرجة ســـخونة عالية. وظهرت تحســـينات أخرى كثيرة من بينها اســـتعمال بخار ســـاخن عند درجة الضغط الجوي ليدفع الكباس من أعلى إلى أســـفل، مما يساعد على الاحتفاظ بالسلندر الشغال ساخنا. ولكن التطوير الرئيسي يتمثل في المكثف المنفصل.



22 - محرك وات البخاري

وعلى مدار هذه التجارب، واجه وات على نحو مستقل ظاهرة الحرارة الكامنة بعد أن واجهها بلاك ببضع سنوات. ويبدو أنه لم يكن على علم بما عمله بلاك (وصدمته الدهشة من أن بلاك لم ينشر أي شيء من ذلك)، بيد أنه ناقش اكتشافاته مع بلاك الذي أطلعه على أحدث ما في الموضوع، ومن ثم ساعده على إدخال مزيد من التحسينات على محركه. ولحظ وات أنه إذا ما أضيف جزء من ماء مغلي إلى ثلاثين جزءا من ماء بارد، فإننا لا نكاد ندرك زيادة تطرأ على درجة حرارة الماء البارد، ولكن إذا تدفقت فقاعات كمية صغيرة مماثلة من البخار (لها درجة حرارة الغليان نفسها) من خلال الماء البارد، فإنها سرعان ما تجعل الماء يغلي (نعرف الآن أن السبب هو انطلاق الحرارة الكامنة عند تكثف البخار وتحوله إلى ماء).

وحصل وات على براءة اختراع محركه البخاري في العام 1769، ولكنه لم يمثل نجاحا تجاريا مباشرا، وظل عمله الرئيسي من 1767 وحتى 1774 مساحا للقنوات الأسكوتلندية، بما في ذلك قناة كاليدونيا. وتزوج في العام 1763، ولكن زوجته الأولى مارغريت توفيت العام 1773 (تاركة له طفلين). وفي العام 1774 انتقل إلى برمنغهام، حيث أصبح عضوا ضمن فريق ذي ميول علمية يعرف باسم «جمعية القمر» Lunar Society (لأنهم يجتمعون في كل شهر)، والتي تضم جوزيف بريستلي، وجوزيا ويدجوود، وأرازموس داروين (الاثنان الأخيران هما جدا تشارلز داروين). وهنا دخل وات في شراكة مع ماثيو بولتون (1728-1809)، الذي التقاه من خلال ارازموس داروين، وأدت هذه الشراكة إلى أن حقق محركه البخاري من خلالها نجاحا تجاريا. واخترع أيضا كثيرا من الأجزاء المميزة للماكينات، وسجل براءة اختراعه لها ومن بينها: المنظم الآلي أو جهاز التحكم ليغلق البخار إذا ما كانت الماكينة تتحرك بسرعة أكثر من اللازم. وتزوج وات ثانية في العام 1775، وأنجب ابنا وابنة من زوجته الثانية آن. وتقاعد عن مشروعه الخاص بالمحرك البخاري العام 1800، وعمره 64 سنة، ولكنه لم يكف عن الاختراع حتى وافته المنية في برمنغهام يوم 25 أغسطس 1819.

تجارب على الكهرباء: جوزيف بريستلي

بمجرد أن استقر تطوير وات للمحرك البخاري على مبادئ علمية، تجلت بوضوح أهمية البخار في الثورة الصناعية ودوره في الحث على مزيد من تطوير دراسة الرابطة بين الحرارة والحركة (الديناميكا الحرارية) في القرن التاسع عشر. وأدى هذا بدوره إلى تطوير ماكينات أكثر كفاءة وفقا للمثال الكلاسيكي للتغذية العكسية بين العلم والتكنولوجيا. وبينما كان وات وبولتون يقومان بدورهما في الثورة الصناعية خلال الربع الأخير من القرن الثامن عشر، شرع أحد أصدقائهما في جمعية القمر، ويدعى جوزيف بريستلي، في اتخاذ الخطوة العظيمة التالية للتقدم في الكيمياء - على الرغم من أن العلم كان أبعد ما يكون عن أن يكون أهم شيء في حياته.

ولد بريستلي في فيلدهيد، قرب ليدز، يوم 13 مارس 1733، وكان أبوه، جيمس، يعمل نساجا وصانعا لملابس ممثلي المسرح، ويعمل على أنوال الحياكة الخاصة به في الكوخ الذي يسكنه (*). ويدين الأب بمذهب كالفن البروتستانتي. وحملت زوجة جميس بريستلي، وتدعى ماري، ستة أطفال على مدى ست سنوات، ثم توفيت خلال شتاء قارس البرودة على نحو غير عادي في عامي 1740/1739 ويعتبر جوزيف الابن البكر، ونظرا لأن أشقاءه تعاقبوا سريعا، فقد أرسلته الأسرة للعيش مع جدته لأمه ولم ير أمه إلا قليلا. وعاد إلى البيت بعد وفاة الأم، ولكن جيمس رأى أن من المستحيل عليه الجمع بين واجباته تجاه كل أطفاله وبين عمله، ومن ثم أرسل جوزيف (وهو في الثامنة من عمره تقريبا) للعيش مع إحدى خالاته (التي توفي عنها زوجها منذ فترة وجيزة من انضمام جوزيف إلى الأسرة) التي لم تنجب أطفالا. ونظرا إلى أنها كالفينية المذهب حرصت على أن يتلقى الطفل تعليما جيدا في المدارس المحلية (التي لا يزال أغلبها يدرس اللاتينية واليونانية)، وشجعته على الاتجاه ليكون قسيسا معنيا بملابس الكهنوت.

وحقق بريستلي هذا الهدف، على الرغم من حالة التلعثم الشديد، التي يعانيها، والتحق في العام 1752 بإحدى المدارس غير التقليدية للدراسة فيها. وجدير بالذكر أن هذا النوع من المدارس لم يكن بالضرورة

(*) الصناعة المنزلية الكلاسيكية التي سرعان ما سوف تحل محلها مصانع تعمل بقوة البخار.

أكاديميـــات كبرى كما يوحي اســمها الآن - إذ يتألف بعضها من اثنين فقــط من المعلمين وحفنة من التلاميــذ، أو ربما تلميذين فقط. وترجع أصول نشـــأة هذه المدارس إلى قانون التماثل الصادر في العام 1662، والذي أدى إلى خـــروج جون راي من كيمبريدج. وجدير بالذكر أنه بعد طـــرد قرابة 200 من غير التقليدين من كنائســـهم نتيجة لهذا القانون، فقد عمل أغلبهم مدرســين خاصين (مثلما فعل راي في الحقيقة) - إذ كانت هذه هي الفرصة الواقعية المتاحة لكسب الرزق. وفي العام 1689، عقب الثورة المجيدة، صدر قانون التســامح الذي سمح لغير التقليدين بأداء دور كامل في المجتمع. وهنا أسس هؤلاء نحو 40 أكاديمية لتدريب القساوسة غير التقليدين. ونلحظ أن هذه الأكاديميات، ولأسباب دينية واضحة، أقامت علاقات جيدة مع الجامعات الأســكوتلندية، كما ذهب أكثر تلاميذها للدراســة في غلاسكو أو أدنبره، وازدهرت في منتصف القــرن الثامن عشـــر (ونذكر من بـــين طلابها دانييل دوفـــو، وتوماس مالتوس، ووليام هازليت)، ولكنها انحســـرت بعد فترة من الزمن بعد أن اندمج غير التقليدين تماما داخل المجتمع وأصبح مسموحا لها التعلم في المدارس والكليات الرئيسية في البلاد.

أتم بريســـتلي برنامجه التعليمي في العام 1755، وأصبح قسيسا في نيدهام ماركت في ســـوفولك، حيث شـــعر بالاغتراب عن كثيرين مـــن رعيته، نظـــرا إلى أنه من أتباع المذهب الأريوســـي - إذ اعتاد أن يصف نفســـه بأنـــه لا تقليدي للا تقليديين. لقد بـــدأ أولا يؤمن بآراء تثليثيـــة تقليدية بدرجة أو بأخرى، ولكنه وهو في نيدهام ماركت درس الكتاب المقدس دراسة شـــخصية مدققة، اقتنع بعدها ببطلان مفهوم الثالوث المقدس، ومن ثم اعتنق الآريوسية. وانتقل بريستلي من نيدهام ماركت إلى نانتويتش في شيشـــاير، ثم بدأ يعلم في أكاديمية وارنغتون التي تقع في منتصف الطريق بين ليفربول ومانشســـتر. وتزوج هناك، العـــام 1762 بماري ويلكنســـون، أخت جون ويلكنســـون، الذي يعمل بالصناعات المعدنية وحقق ثروة من صناعة الأسلحة. وأنجب الزوجان ثلاثـــة أبناء وبنتا. ويرجع الفضل أســاســـا إلى بريســـتلي إذ جعل من

أكاديميـــة وارنغتون واحدة من أوائل المؤسســـات التعليمية في إنجلترا التي أبدلت الدراســة التقليدية للكلاسيكيات لتحل محلها دروس في التاريخ والعلم والأدب الإنجليزي.

وتميز بريســتلي باهتماماته الفكرية المتعددة واسعة الأفق، ونجد من بين كتاباته الباكرة كتابا عن «النحو الإنجليزي» و«خارطة للســيرة الذاتية» موضحا العلاقة الزمنية التاريخية بين شـخصيات مهمة في التاريخ على مـــدى فترة زمنية تمتد من 1200 ق.م وحتى القرن الثامن عشــر. ويمثل الكتــاب عملا مذهلا، حتى إنه حصل به على درجة الدكتوراه في القانون من جامعة أدنبره العام 1765، واعتاد بريســتلي أن يقضي شهرا كل سنة في لندن. والتقى أثناء إحدى زياراته إلى لندن بنجامين فرانكلين وغيره من العلماء المهتمين بالكهرباء (ويعرفون وقتذاك باسم الكهربائيين)، وشجعوه علــى إجراء تجاربــه الخاصة والتي بين فـــي إحداها أنــه لا وجود لقوة كهربائية داخل كرة مجوفة مشحونة. ورأى (من بين ما رآه في أمور أخرى) أن الكهرباء تخضع لقانون التربيع العكســي. وأدى هذا العمل إلى انتخابه زميــلا للجمعية الملكية فـــي العام 1766، وألف كتابا عـــن تاريخ الكهرباء صدر العام 1767، والذي يتكون من حوالي 250.000 كلمة (وسبق له أن ألف ستة كتب في موضوعات غير علمية)، وثبت هذا الكتاب قدميه كمعلم ومــؤرخ للعلم. وأنجز كل هذه الأعمال وهو لايزال في الرابعة والثلاثين من العمر، غير أن هذه الإنجازات على كثرتها ما هي إلا قطرة تسبق الغيث.

وإذا تكلمنـــا على نحو نســبي نجد أن العلــم كان فقط جانبا عرضيا في حياة بريســتلي النشــطة والمترعة، ولن نجد المجال يســمح لنا بعرض إنجازاتــه في ســياقها الصحيح. وإن كل ما نســتطيعه هو عرض خطوط عامة لدوره كرجل لاهوت ومنشق متطرف خلال تلك العقود المضطربة في أواخر القرن الثامن عشــر. عاد بريســتلي في العام 1767 للعمل قسيسا في إحدى كنائــس ليدز. ومع اهتمامه المتزايــد بالكيمياء، ألف عددا من الكتيبات انتقد فيها معالجة الحكومة للمستعمرات الأمريكية (*)، واستمر في بحثه عن الحق الديني وفي نفســه هــذه المرة ميل تجاه آراء الموحدين

(*) اقتبس توماس جيفرســون بعضا من العبارات الجميلة التي تضمنتها كتابات بريســتلي عن الحرية وأدمجها ضمن صياغة الإعلان الأمريكي للاستقلال.

Unitarians (طائفة أريوسية متشددة تأسست في العام 1774). طبقت شهرة بريستلي الآفاق، ومع نهاية فترة إقامته في ليدز العام 1773، دعاه لورد شيلبورن، السياسي من حزب الويغ، للعمل لديه «أمينا للمكتبة» براتب قدره 250 إسترليني سنويا، مع إقامة مجانية في بيت في إقطاعية شيلبورن في أثناء عمله، علاوة على معاش تقاعد مدى الحياة يتقاضاه مع نهاية الخدمة. لم يأخذ عمله في المكتبة سوى وقت ضئيل من الوقت المتاح لبريستلي، وكان دوره الفعلي العمل مستشارا سياسيا ومسؤولا إعلاميا فكريا للورد شيلبورن، هذا بالإضافة إلى عمله مدرسا خاصا لبعض الوقت لابني شيلبورن، وتوافر له وقت كاف لممارسة عمله العلمي الخاص (الذي يعينه ماليا شيلبورن بنسبة كبيرة)، علاوة على اهتمامات أخرى. وبعد أن تولى شيلبورن منصب وزير الخارجية في العام 1766 (وهو لايزال في التاسعة والعشرين من العمر) حتى 1768، حاول شيلبورن الدفع في اتجاه سياسة المصالحة مع الأمريكيين، ولكن الملك جورج الثالث أقاله لما يسببه له من إزعاج. ومنيت بريطانيا بالهزيمة في حرب الاستقلال الأمريكية بسبب سياسة الملك الكارثية، واضطر الملك مرغما عقب هذه الكارثة إلى استدعاء شيلبورن ليكون رجل الدولة الوحيد الموثوق به لإنجاز المهمة الصعبة بإرساء قواعد للسلم مع ما كانت في السابق مستعمرات بريطانية، وشرع بريستلي في ممارسة مهامه. ولكن بحلول العام 1780 أصبحت صراحته كمنشق تمثل حرجا سياسيا حتى بالنسبة إلى اللورد شيلبرون، الذي دفع «أمين مكتبته إلى التقاعد، مع وعد بمعاش التقاعد (150 إسترليني سنويا). وانتقل بريستلي إلى برمنغهام، حيث عاش في سكن هيأهد له صهره الثري، وعمل هناك قسيسا وأحس براحة كاملة. ونراه خلال هذه الفترة من حياته عضوا نشطا في جمعية القمر.

وفي برمنغهام واصل بريستلي حديثه الصريح ضد الكنيسة الرسمية في إنجلترا، ومثلما كان مناصرا لقضية سكان المستعمرات الأمريكيين، تحدث بصراحة ومن دون خوف مؤكدا دعمه للثورة الفرنسية (التي كانت في بدايتها حركة شعبية ديموقراطية). وبلغت الأمور ذروتها في 14 يوليو 1791، عندما نظم بريستلي وآخرون من المؤيدين للحكم الجديد في

فرنســا حفل عشاء في برمنغهام احتفالا بالذكرى السنوية الثانية لاقتحام ســجن الباســتيل. ونظم خصومهم (بعضهم لأسباب سياســية، وآخرون رجــال أعمال منافســون يبحثون عن فرصة لتدمير منافســيهم) تظاهرة مــن الغوغاء توجهــت أولا إلى الفندق حيث حفل العشــاء، ولكنهم وجدوا أن المحتفــين غادروا الفندق، فاتجهوا في حالة مــن الثورة والاهتياج لكي يضرموا الحرائق ويسرقوا البيوت وكنائس المنشقين. ولاذ بريستلي بالفرار في الوقت المناســب، ولكن بعد تدمير بيته ومكتبته ومخطوطاته وأجهزته العلمية. اتجه بريســتلي إلى لندن عاقدا العزم أولا على البقاء، وأن يكافح (كلاما) دفاعا عن قضيته، ولكن أصبح موقفه شــديد الصعوبة نظرا إلى أن الثورة الفرنســية تحولت إلى فوضى دموية، وتحول العداء ضد فرنسا إلى دعوة للحرب (وبات عسيرا جدا دعم موقفه في إنجلترا بعد أن عرض الثوريون عليه في باريس المواطنة الفرنســية). وفي العام 1794، وقد بلغ بريســتلي الحادية والســتين من العمر، هاجر بصحبة زوجته إلى أمريكا الشــمالية على إثر أبنائهما الذين هاجروا العام السابق. وعاش بريستلي هناك في هدوء (وفق معاييره هو - إذ كان لا يزال يدير أموره لنشر ثلاثين مؤلفا بعد العام 1791) في نورث هامبرلاند، في بنسلفانيا، إلى أن وافته المنية في السادس من فبراير 1804.

تجارب بريستلي على الغازات

تميز بريســتلي كعالم كيمياء بأنه رجل تجــارب عظيم وصاحب فكر نظــري غزير. ونعرف أنه حين بدأ نشــاطه، لم يكن معروفا وقتها ســوى نوعين من الغازات (أو الهواء) - الهواء ذاته (الذي لم يكن معروفا بعد على نطاق واســع، وعلى الرغم من جهود بــلاك، أنه مزيج من الغازات)، وثاني أكســيد الكربون (الهواء الثابت)، واكتشــف هنري كافنديش الهيدروجين (الهواء القابل للاشــتعال) العام 1776، وحدد بريســتلي عشــر غازات، من بينها (بأســمائها الحديثة المعروفة لنــا) الأمونيا وكلوريد الهيدروجين وأكســيد النيتروز (أو الأزوتوز)، ويسمى أيضا غاز الضحك، وثاني أكسيد الكبريت. وأعظم اكتشــافاته هو الأكسجين بطبيعة الحال - وعلى الرغم

من أنه أجرى تجارب كشفت عن وجود الأكسجين كغاز مستقل، فإنه شرح تجاربه هذه تأسيسا على ما كان يسمى نموذج الفلوجستون (والمسمى العنصر الملتهب وقتذاك)، والذي روج له عالم الكيمياء الألماني جورج ستال (1660-1734). و«فسر» هذا النموذج الاحتراق باعتباره نتيجة جوهر ما (الفلوجستون) يترك الجسم المحترق. مثال ذلك وبلغتنا الحديثة، يحدث عند احتراق معدن أن يتحد مع الأكسجين ليشكل أكسيدا معدنيا، وهي مادة معروفة أيام بريستلي باسم الكلس، أو أكسيد الجير، وفقا لنموذج الفلوجستون فإن ما يحدث هو أن الفلوجستون يهرب من المعدن ويخلف وراءه الكلس. وعند تسخين الكلس (وفق هذه الصورة) يتحد الفلوجستون ثانية معه (أو على الأصح يدخله ثانية) لتكوين المعدن. وقال ستال إن السبب في أن الأشياء لا تحترق في حالة عدم وجود هواء هو أن الهواء ضروري لامتصاص الفلوجستون.

وجرى تطبيق نموذج الفلوجستون، على غرار هذا النهج، طوال ما كانت الكيمياء علما غامضا له خواص كيفية - ولكن ما أن بدأ بلاك وخلفاؤه في إجراء تجارب دقيقة لمعرفة حقيقة ما يحدث، سقط نهائيا مذهب الفلوجستون، إذ كانت مسألة وقت فقط إلى أن لحظ شخص ما أن الأشياء يثقل وزنها ولا يخف وزنها بعد حرقها - مقترحا أن شيئا ما دخلها (أو اتحد معها)، وليس كما يقال خرج منها. غير أن المثير للدهشة أن بريستلي لم ير هذا (ولكن لنتذكر أنه مجرد كيميائي بدوام جزئي، وتشغل ذهنه أمور كثيرة)، وهكذا أصبح الأمر متروكا للفرنسي أنطوان لافوازييه لعمل الرابطة بين الاحتراق والأكسجين، ومن ثم سحب البساط من تحت نموذج الفلوجستون.

بدأ بريستلي تجاربه عن «أنواع الهواء» خلال إقامته في ليدز، حيث يسكن ملاصقا لمعمل مشروبات البيرة. وسبق أن تحدد منذ وقت قريب الهواء الموجود مباشرة فوق سطح أوعية التخمير وسماه بلاك «الهواء الثابت»، ورأى بريستلي أن لديه بالفعل معملا جاهزا يمكن أن يجري فيه تجارب بكميات كبيرة على هذا الغاز. واكتشف أنه يشكل غشاء يتراوح سمكه ما بين تسع بوصات وقدم (23-30سم) فوق المحلول المختمر، وأننا

مع هذا إذا وضعنا شـــمعة مشتعلة وسط هذه الطبقة فإنها تنطفئ ويبقى الدخان. وإذا أضاف بريســـتلي الدخان إلى طبقة ثاني أكســـيد الكربون، يصبـــح بالإمكان رؤيته بحيث يمكن ملاحظة موجات على ســـطحه (الحد الفاصل بين ثاني أكســـيد الكربـــون والهواء العادي)، ويمكن أن نراه يتدفق علـــى جانب الوعاء ويســـقط على الأرض. وأجرى بريســـتلي تجارب على الهواء الثابت المذاب من الأوعية في الماء، وتبين له أنه مع تحريك الماء إلى أمـــام وإلى الخلف من وعاء إلـــى آخر في الهواء الثابت لبضع دقائق يمكن أن ينتج شرابا فوارا جيد المذاق. وفي مطلع سبعينيات القرن الثامن عشر، وبعد أن قام بريستلي بمحاولة غير ناجحة لاكتشاف علاج مناسب للوقاية من مرض الإســـقربوط Scurvy (*)، حاول بريســـتلي صقل هذه التقنية بالحصول على ثاني أكســـيد الكربون من الطباشـــير، مســـتخدما حمض الكبريتيـــك، ثم يذيب الغـــاز في الماء تحت ضغط. وتمخض هذا عن بدعة اســـمها «ماء الصودا»، التي ذاعت وانتشـــرت في أوروبا. وعلى الرغم من أن بريستلي لم يكد ينشد الحصول على جائزة مالية مقابل اختراعه، فإن العدالة تحققت، ذلك أن لورد شـــيلبورن ســـمع لأول مرة عن بريستلي من خلال اكتشاف ماء الصودا، بينما هو في رحلة في إيطاليا في العام 1772 ولنا أن نقول إن الاكتشـــاف مدين بالكثير لمصنع الجعة، إذا ما عرفنا أن شيلبورن هو الذي هيأ الوقت اللازم لكي يركز بريستلي على الكيمياء على مدى السنوات القليلة التالية، ووفر له المكان أيضا (مقاطعته في كولن في ويلتشـــاير) وزوده بالمال اللازم لإجراء تجاربه التي ســـرعان ما قادته إلى اكتشاف الأكسجين.

اكتشاف الأكسجين

وبدأ بريســـتلي أيضا وهو في ليدز يشك في أن الهواء جوهر بسيط. وأجرى تجارب على الفئران واكتشـــف أن قدرة الهواء على استمرار الحياة يمكـــن أن «تنفد» خلال التنفس، بحيث لا يكون ملائما للتنفس، واكتشـــف

(*) جرى تفكير في أثناء هذا العمل لكي يتولى بريستلي منصب عالم تاريخ طبيعي خلال الرحلة الثانية لجيمس كوك حول العالم، ولكن رفض المســـؤولون بريســـتلي لأسباب دينية، ما دفعه إلى الرد بقول «ظننت أنه عمل في صميم الفلسفة وليس اللاهوت».

أيضا أن القدرة على تنفس الهواء يمكن استعادتها مع وجود نباتات - أول إشارة إلى عملية التمثيل الضوئي التي تؤدي إلى تحلل ثاني أكسيد الكربون وإطلاق الأكسجين. ولكنه اكتشف الأكسجين، أي الغاز المستنفد أثناء التنفس، خلال إقامته في كولن في أول أغسطس 1774، وذلك عندما عمد إلى تسخين أكسيد الزئبق عن طريق تركيز أشعة الشمس عبر عدسة قطرها 12 بوصة (نحو 30 سم) على عينة داخل وعاء زجاجي. لحظ بريستلي انطلاق غاز (الذي كان هو ومعاصروه يسمونه «هواء») أثناء عودة الكلس إلى الشكل المعدني للزئبق. ومضي بعض الوقت إلى أن اكتشف بريستلي أن «الهواء» الجديد الذي استخرجه أفضل من الهواء العادي للتنفس. وأجرى سلسلة طويلة من التجارب، اكتشف خلالها أولا أن وضع شمعة مشتعلة وسط الغاز يؤدي إلى أن تتوهج بضوء ساطع غير مألوف؛ وحدث بعد ذلك أنه في 8 مارس وضع فأرا كبيرا داخل وعاء محكم الغلق مملوء بالهواء الجديد. وعرف في ضوء خبرته أن فأرا بهذا الحجم يمكن أن يعيش نحو ربع الساعة في هذه الكمية من الهواء العادي؛ ولكن هذا الفأر استمر حيا نصف ساعة كاملة حتى بدا كأنه على وشك الموت، وتم إخراجه من الوعاء وعادت إليه الحياة بعد تدفئته بالنار. واعترف بريستلي، توخيا للدقة والحذر، باحتمال أنه اختار فأرا قوي البنية على نحو غير عادي لإجراء تجربته. ولذلك كتب فقط في مذكراته عن التجربة أن الهواء الجديد جيد على الأقل مثل الهواء العادي. ولكن المزيد من التجارب أوضحت أن الهواء الجديد، بالنسبة إلى دعم عملية التنفس، أجود من الهواء العادي ما بين أربعة أو خمسة أمثال. ويتفق هذا مع واقع أن 20 في المائة فقط من الهواء الذي نتنفسه هو عمليا أكسجين.

وحدث أن استبق عالم الكيمياء السويدي كارل شيلا (1742-1786) اكتشاف بريستلي، إذ تشير مذكراته التي بقيت لنا أنه تحقق في العام 1772 من أن الهواء مزيج من عنصرين، أحدهما يمنع الاشتعال بينما الآخر يساعد على الاحتراق. وأعد عينات من الغاز الذي يساعد على الاشتعال عن طريق تسخين أكسيد الزئبق، وبتقنيات أخرى، ولكنه لم يبذل أي محاولة لنشر وإعلان هذا الاكتشاف فورا - بل كتب عنها في كتاب

أعده للنشر في العام 1773، ولكنه لم يصدر حتى العام 1777. وبدأت الأنباء عن هذا العمل تنتشر داخل المجتمع العلمي قبل فترة قصيرة من إجراء بريستلي لتجاربه في أغسطس 1774. ويبدو أن بريستلي لم يكن على علم بجهود شيلا في ذلك الوقت، ولكن في سبتمبر 1774، بينما كان بريستلي عاكفا على إنجاز تجاربه، كتب شيلا عن اكتشافه في رسالة منه إلى لافوازييه. وحقق شيلا اكتشافات أخرى كثيرة ذات أهمية كبيرة في مجال الكيمياء، بيد أنه كان يعمل كصيدلاني، ولم ينشر سوى كتاب واحد، ورفض عديدا من العروض لشغل مناصب أكاديمية، وتوفي وهو لايزال شابا وعمره 43 سنة. وتكشف هذه الملابسات في مجموعها كيف أن الروايات التاريخية أغفلته أحيانا عند تأريخ الكيمياء في القرن الثامن عشر. وجدير بالذكر أن الدلالة الحقيقية للاكتشاف شبه الآني للأكسجين على يدي كل من شيلا وبريستلي ليست من الذي اكتشف أولا، بل لأنها تذكرنا بأن العلم في أغلب الأحيان يتقدم تراكميا، بحيث نبني كل مرحلة على ما تم اكتشافه سابقا، مع الإفادة من استخدام تكنولوجيا العصر. لذلك فإن المسألة هي إلى حد كبير مسألة حظ لمعرفة أي العلماء حقق أي اكتشاف أولا، ومن الذي وجد اسمه طريقه إلى كتاب التاريخ. وسواء شئنا أم أبينا، فإن اسم بريستلي اقترن باكتشاف الأكسجين، على الرغم من أن المؤكد أن شيلا هو الذي اكتشفه أولا. ومع هذا كله، استمر بريستلي في محاولة تفسير اكتشافاته في ضوء نموذج الفلوجستون.

ومع ذلك، يحدث أحيانا أن يفشل (إذا كانت هذه الكلمة صوابا) مكتشف في ربط اسمه باكتشاف محدد أو بقانون بعينه في كتب التاريخ لأنه لم يعبأ على الإطلاق بإبلاغ أي امرئ آخر عن عمله، قانعا بإشباع ذاته علميا من خلال تجاربه وفاء لفضوله العلمي. وأفضل مثال هنا على هذه الحالة النادرة هو العالم هنري كافنديش المعاصر لبريستلي، إذ نشر كافنديش الكثير مما جعله شخصية مهمة وبارزة في تطور الكيمياء خلال النصف الثاني من القرن الثامن عشر، ولكنه لم ينشر عامدا ثروة من النتائج (خاصة في الفيزياء) التي أعاد اكتشافها آخرون على انفراد خلال القرن التالي (وارتبطت أسماء هؤلاء باكتشافاتهم في كتب التاريخ). ولكن

ثمة أسباب عائلية غير تقليدية (أهمها الثروة الطائلة) التي تفسر لنا، وأيا كانت نوازعه، لماذا اضطر كافنديش بحكم وضعه الخاص أن يلتزم بتلك النوازع، وأن ينتقي ويختار عندما يكون بصدد اتخاذ قرار ليحدد ما ينبغي أن ينشره.

والمعروف أن كافنديش سليل أسرتين، لا أسرة واحدة، من أثرى أثرياء الأسر الأرستقراطية ذات النفوذ في إنجلترا في تلك الأيام. إن جده لأبيه هو وليام كافنديش، دوق ديفونشاير الثاني، بينما أمه آن دو غراي، هي ابنة هنري دو غراي، دوق كنت (والأيرل الثاني عشر - وترقى إلى دوق العام 1710). وحيث إن والد هنري، تشارلز كافنديش (1704-1783) الرابع بين خمسة إخوة، لم يكن له لقب عظيم خاص به، ولكن مكانة أسرة كافنديش قضت أن يشتهر طوال حياته باسم لورد تشارلز كافنديش. إذ لو كان حقا «لورد» لكان ابنه هنري هو المبجل هنري كافنديش، مثل روبرت بويل، ابنا لإيرل، ويدعى «المبجل». واعتاد الجميع مخاطبة هنري كافنديش بهذه الطريقة طوال حياة أبيه، ولكن ما كاد أبوه يتوفى حتى طلب هنري أن يعرف الجميع أنه يفضل هنري كافنديش المحترم من دون إضافة.

واشتهر عن طرفي العائلة اهتماماتهما العلمية. مثال ذلك أنه منذ العام 1736 فصاعدا، وعلى مدى عشرة أعوام أو أكثر، شجع دوق كنت وأسرته العمل في مجالي الفيزياء والفلك، ويكفي الإشارة إلى توظيف توماس رايت (سنعرض لأهم أعماله في الفصل الثامن) معلما خاصا للدوقة ولبنتين من بنات الدوق هما صوفيا وماري (وليس آن، التي لم تكن قد تركت البيت فقط، بل ماتت صغيرة بداء السل في العام 1733). عمل رايت أيضا بالمساحة في الإقطاعية، وأجرى هناك عمليات أرصاد فلكية، وكتب تقارير عنها إلى الجمعية الملكية في ثلاثينيات القرن الثامن عشر. واستمر في أدائه لمهمة التعليم بعد وفاة الدوق العام 1740. وأفادت الرابطة الأسرية، إذ من خلالها زار كل من «لورد» تشارلز وهنري كافنديش إقطاعية دوق كنت وقتما كان رايت هناك (إذ كان هناك يقينا حتى بلغ هنري الخامسة عشرة من العمر على أقل تقدير)، ولا بد أن التقاه وناقش معه موضوعات علم الفلك.

وهذا مؤكد تماما نظرا إلى أن تشارلز كافنديش نفسه أبدى اهتماما وشغفا بالعلم نحو هذه الفترة، وهو في منتصف العمر، وتخلى عن دور صغار أبناء الأرستقراطية، وهو الاهتمام بالسياسة، لحساب العلم. وقضت الضرورة بانتخاب تشارلز لعضوية مجلس العموم العام 1725 (إن لم يكن الأمر خطأ في الاسم لشخص آخر لو كان هناك آخر بهذا الاسم)، وأدى دوره مع واحد من إخوته وأحد أعمامه واثنين من أصهاره. وأثبت كافنديش أنه عضو برلماني دؤوب ومتمكن، وأصبح فيما بعد رجل إدارة قديرا، وشارك بقوة في الجهود المبذولة لبناء أول جسر في وستمنستر (أول جسر جديد عبر نهر التيمز في لندن، منذ ذلك الجسر المذكور في ترنيمة الأطفال الشهيرة). ولكنه بعد ستة عشر عاما (وهي الفترة التي كان فيها هوراس وولبول رئيسا للوزراء) (*) قرر أنه أدى واجبه كاملا لبلده، ومن ثم قرر في العام 1741، عندما كان في السابعة والثلاثين من العمر، ولم يتجاوز الفتى هنري العاشرة، التقاعد عن العمل السياسي، ليواصل اهتمامه بالعلم. وجدير بالذكر أنه كعالم كان هاويا حاذقا ملتزما تقاليد أوائل أعضاء الجمعية الملكية، فضلا عن مهاراته في العمل التجريبي (امتدح بنجامين فرانكلين مهاراته التجريبية). ونجد أن من أهم ابتكاراته في العام 1757 ابتكار مقياس درجة الحرارة «الترمومتر» الذي يبين درجتي الحرارة العظمى والدنيا ويسجلهما حال غياب المراقب - وهو ما نعرفه اليوم باسم «مقياس نهايتي الحرارة العظمى والصغرى». وعلى الرغم من أن تشارلز كافنديش لم يكن عالما من الدرجة الأولى، فإنه سرعان ما حول مهاراته الإدارية لتكون أداة نافعة لخدمة كل من الجمعية الملكية (التي انتخبته زميلا لها بعد وفاة نيوتن بثلاثة أشهر) ولخدمة مرصد غرينتش الملكي، فضلا عما هيأته هذه المهارات من حث لاهتمام الابن هنري.

(*) ترأس وولبول إدارة حزب الويغ، الذي ارتبط ارتباطا وثيقا وقتذاك بنجاح الثورة المجيدة؛ وكان حزب التوري المعارض وحتى أربعينيات القرن الثامن عشر لا يزال تغلب عليه النزعة اليعقوبية. ومفهوم أن أي تغيير في الحكم خلال فترة الستة عشر عاما كان يمكن أن يؤدي إلى عودة أسرة ستيورات؛ ولكن هذا الاحتمال انحسر تماما بعد هزيمة بوني برينس شارلي في كولودين على إثر تمرد 1745.

وتزوج تشــارلز كافنديش بآن دو غــراي العام 1729، وهو لم يتجاوز الخامســة والعشــرين من العمر، بينما تصغره هــي بعامين. والمعروف أن أبويهما جمعتهما صداقة امتدت سنوات، ووجدا يقينا أسبابا للسعادة بهذه الزيجــة، وإن كنا لا نعرف أي معلومات عن الجانب العاطفي لهذه العلاقة (فيما عدا أنها انطوت على حب، نظرا إلى أن صغار أبناء الأرســتقراطية لم يعتادوا الزواج في تلك الأيام قبل الثلاثين). كل ما نعرفه الثراء الشديد للزوجين الشابين، نظرا إلى أن التفاصيل تجلت واضحة مع إقرار ترتيبات الزواج. امتلك تشــارلز أرضــا منحة من أبيه، كما حصــل منه على دخل ثابت، وأحضرت آن معها دخلا خاصا بها وسندات ووعدا بميراث ضخم. وحصل تشــارلز كافنديش على دخل للإنفاق لا يقل عن 2000 إسترليني زاد مــع مرور الأيــام. كل هذا في وقت كان فيه إنفاق 50 إســترلينيا في الســنة كافيا تماما لحياة عادية، و500 إسترليني كافية لحياة أحد النبلاء حياة ميسورة.

وظهرت على آن كافنديش، كما أصبح اسمها الآن (وإن كان يشار إليها عادة بعبارة ليدي آن)، علامات تحدد طبيعة مرضها القاتل مســتقبلا، إذ بــدا أنها على وشــك الإصابة بما يوصف بأنه برد شــديد، ولكن ما ينذر بالشــر أن من أعراضها أنها تبصق دما. وحل شتاء 1731/1730، وكان البرد قارســا، وسافر الزوجان إلى أوروبا القارة، وقصدا زيارة باريس أولا ثــم الانتقال إلى نيس التي توصف كمكان جيــد للنقاهة من أمراض ذات الرئة، حيث دفء الشمس الساطعة أكثر الأوقات مع الهواء النقي. وهناك في 31 أكتوبر، وضعت آن أول أبنائها، هنري، المسمى على اسم جده لأمه. وبعد عديد من الســفريات عبر القارة (بعضها التماســا لمشورة طبية عن حالــة آن) عادت الأســرة إلى إنجلترا، حيث ولد فريدريك (المســمى على اســم أمير ويلز)، أخو هنري، في 24 يونيو 1733(*). وتوفيت آن بعد أقل من ثلاثة أشهر في 20 سبتمبر 1733. ولم يتزوج تشارلز كافنديش ثانية، ولم يجد هنري كافنديش أما تفي بكل أهدافه العملية، مما يســاعدنا في تفســير بعض غرابته التــي تميز بها في الكبر. وبعد خمس ســنوات، أي

(*) جاء ميلاده بعد ســنتين من هنري، وتوفي أيضا بعد هنري بسنتين في العام 1812. وعاش كل من تشارلز وهنري فريدريك حتى بلغا التاسعة والسبعين من العمر.

العام 1738، باع تشـــارلز كافنديش إقطاعيته الريفية واســـتقر هو وابناه الصغيران في مسكن يقع في شمال غريت مارلبورو في لندن، وهو مسكن ملائم لعمله العام ولجنته العلمية.

تلقى تشارلز كافنديش تعليمه في إيتون، ولكنه أرسل ابنيه إلى مدرسة خاصة فـــي هاكني ثم إلى بيترهـــاوس وكيمبريدج. واعتـــاد فريدريك أن يقتفـــي دائما الطريق الذي ارتاده أخوه. التحـــق هنري بجامعة كيمبريدج في 1749، وهو في الثامنة عشرة، وبقي فيها ثلاث سنوات وثلاثة أشهر. وتـــرك الجامعة دون الحصول علـــى الدرجة العلمية علـــى نحو ما اعتاد غالبية أبناء النبلاء الأرســـتقراطيين، ولكن لم يتركها من دون الاســـتفادة بـــكل ما يمكن أن تقدمـــه له كيمبريدج من تعليم (الذي لم يكن كثيرا، حتى في ســـتينيات القرن الثامن عشر). وبعد أن غادر هنري بيترهاوس، سقط فريدريـــك من نافذة الغرفة أثناء صيف 1754، وأصيب بعدة إصابات في الـــرأس خلفت عنده عاهة دائمة في المـــخ. ويمكن القول إنه جزئيا بفضل ثراء الأســـرة توافر له دائما الخدم الموثوق بهم والرفاق لمراقبته، فلم تمنعه حالته من أن يمارس حياة مســـتقلة، وإن كان يعنـــي أنه لم يعد قادرا على اقتفاء خطوات الأب، سواء على المسرح السياسي أو العلمي.

ولم يكن لدى هنري كافنديش أي اهتمام بالسياســـة، إذ اســـتحوذ العلم على اهتمامه. وبعد أن أكمل الأخوان رحلتهما الســـياحية الكبرى داخل قارة أوروبا معا، استقر هنري في المسكن المقام على شارع غريت مالرلبورو ونذر حياته للعلم، وتعاون بداية مع الأب. وأبدى بعض أفراد الأســـرة عدم رضاهم عن ذلك باعتباره انســـياقا وراء الهوى الذاتي، فضلا عن شـــعورهم بأنه لا يليق بواحد من عائلة كافنديش أن ينغمس في تجارب معملية. ولكن تشـــارلز كافنديش لم يكن بوســـعه الاعتراض على أن يتبع ابنه هواه في مجال العلم. وثمة قصص كثيرة تزعم أن تشارلز أمسك يده ماليا عن العطاء لهنري، ولكن حيث لا دليل على صدق هذا القصص نرى أنها تعكس فقط الحرص المشهور عن كافنديش الكبير إزاء إنفاق المال. إذ كان تشارلز كافنديش حريصا دائما، لا يشـــغل باله سوى التماس سبل لزيادة ثروته، مع حرصه على ألا ينفق أكثر مما هو ضروري - ولكن فكرته عما هو «ضروري» هي أن يكون في حدود ما

يتـــلاءم مع ابن دوق. وتفيد بعض الروايات أن هنري كان يتلقى من أبيه وهو لا يزال على قيد الحياة راتبا قدره 120 إسترليني فقط سنويا (وهو أكثر من كاف، مــع مراعاة أنه يعيش في بيت الأســرة)؛ ولكن ثمة روايات أخرى أكثر تفاؤلا تحدد راتبه بمبلغ 500 إســترليني في الســنة، وهو المبلغ نفسه الذي كان يتقاضاه تشــارلز كافنديش من أبيه وقت زواجه. ولكن الشـــيء اليقيني أن هنري كافنديش لم يكن لديه اهتمام بالمال على الإطلاق (طبعا بالطريقة التي لا يهتم بها كبار الأثرياء بالمال). مثال ذلك أنه لم تكن لديه ســوى سترة واحدة في كل مرة، يرتديها كل يوم حتى تبلى، ليشتري أخرى بالطراز القديم نفسه. وعرف عنه الصرامة والالتزام الشديد في مأكله وعاداته، يتناول على العشاء دائما فخذ خروف حين يكون في البيت. وحدث ذات يوم حين حضر إلى بيته بعض الأصدقاء لتناول العشــاء في إحدى المناسبات أن سأله مدير البيت: ماذا أعد؟ فأجاب كافنديش «فخذ خروف». فقيل له إن هذا لن يكفي فأجاب: «إذن اثنين».

ولكن يتجلى لنا موقف هنري كافنديش من المال على أوضح صورة من خلال رواية موثقة على نحو جيد تحكي عن زيارة دفع نفقاتها له المصرفي الـــذي يودع لديه هنـــري أمواله، وذلك قبل وفاة تشـــارلز كافنديش بوقت طويل. شعر هذا المصرفي ببعض القلق لأن هنري راكم في حسابه الجاري نحو 80.000 إسترليني، ومن ثم حثه على عمل شيء بهذا المال. استشاط كافنديـــش غضبا لأنه فوجـــئ بما أزعجه بهذا المطلـــب، وأخبر المصرفي أن وظيفتـــه هي متابعة الأموال، وأنـــه إذا عاود وأزعجه بمثل هذه التوافه فســـوف يســـحب أمواله ليودعها مصرفا آخر. وواصل المصرفي الحديث وفي صوته قدر من العصبية، وأشـــار عليه بأن بالإمكان اســـتثمار نصف المبلغ. وافق كافنديش قائلا للمصرفي أن يتصرف بالمال بما يراه الأفضل، ولكن شـــريطة «ألا يزعجه» بشـــأن ذلك مرة أخرى وإلا فإنه سيضطر إلى قفل حسابه. ونقول إنه لحسن الحظ أن كان الصيارفة أمناء، وتم استثمار أموالـــه في أمان كامل. وبلغت اســـتثمارات هنـــري كافنديش بحلول وقت وفاته ما يعادل، من حيث القيمة الاسمية، أكثر من مليون جنيه. وإن كانت قيمتها الفعلية في السوق وقتذاك دون ذلك بقليل.

ونعرف أن أساس هذه الثروة توفر جزئيا بفضل نجاح تشارلز كافنديش في زيادة ثروته، ولكن أيضا من خلال ميراث ورثه تشارلز قبيل وفاته. ويمثل هذا الميراث جزءا من إقطاعية ورثها هنري (وسبق أن توفر لفريدريك ما يكفي ليحيا حياة نبلاء ميسورة، ولكن باستثناء أنه الابن الأصغر، نعرف أن مشكلاته العقلية جعلته لا يصلح لإدارة ثروته). وكان لتشارلز كافنديش ابنة عم تدعى إليزابيث، لعمه جيمس. تزوجت إليزابيث رتشارد شاندلر، وهو ابن أسقف دورهام وسياسي أيضا. وتزوج شقيقها الوحيد وليام بفتاة أخرى من عائلة شاندلر اسمها باربارا. وفي العام 1751، توفي كل من جيمس كافنديش ووليام كافنديش، توفي وليام من دون وريث، ومن ثم أصبح على إليزابيث وريتشارد (اللذين حملا الآن اسم كافنديش) أن يواصلا امتداد سلالة الأسرة، ومن ثم ورثا بطبيعة الحال. ولكن ريتشارد وإليزابيث لم ينجبا، وليس لهما أطفال أيضا، وتوفي ريتشارد قبلها، وترك إليزابيث وريثة لثروة ضخمة عبارة عن أراض وسندات. وهذه هي الثروة التي تركتها ليرثها تشارلز الابن الذكر الوحيد الباقي من عائلة كافنديش، وهو ابن عمها وأقرب أقربائها من عائلة كافنديش، عندما توفيت العام 1779. وتوفي تشارلز كافنديش العام 1783، وعمره 79 سنة، وبهذا انتقلت بوفاته الثروة إلى هنري وهو في الثانية والخمسين من عمره. وبدأ في هذا الوقت يشار إليه بعبارة «أثرى الحكماء وأحكم الأثرياء».

واقتداء بتقاليد العائلة، ترك هنري عند وفاته العام 1810 ثروته لأقرب أقربائه، وكان أكبر المستفيدين جورج كافنديش، ابن دوق دفونشاير الرابع (هو نفسه ابن العم الأول لهنري كافنديش) وأخ للدوق الخامس (وأم جورج هي شارلوت بويل، ابنة الإيرل الثالث لبورلنغتون). وجدير بالذكر أن واحدا من سلالة جورج، وهو حفيده وليام، أصبح الدوق السابع لدوفنشاير عند وفاة الدوق السادس العام 1858، الذي لم يتزوج. واستطاع هذا الحفيد المدعو وليام كافنديش أن يضاعف ثروة الأسرة من خلال الفوائد التي حصل عليها من الحديد والصلب، فضلا عن عمله (من بين أعمال أخرى كثيرة) على مدى تسع سنوات رئيسا لجامعة كيمبريدج. وهكذا استطاع وليام أن يوفر منحة معمل كافنديش في جامعة كيمبريدج خلال

ســبعينيات القرن الثامن عشر. ولم يسجل وليام كافنديش رسميا عما إذا كان مقصـــده هـــو أن يكون المعمل تذكارا لســلفه أم لا، غير أن هذا العمل كفل، كما سوف نرى، أن يتصدر اسم كافنديش بحوث الفيزياء خلال فترة التطوير الثوري في أواخر القرن التاسع عشر وطوال القرن العشرين.

وثمة احتمال بأن هنري كافنديش نفسه ساورته شكوك بشأن الحكمة في ترك بعض من ثروة العائلة خارج العائلة. كم هو عسير وصف ذلك بأنه ضرب من الإســراف، غير أنه لم يشــعر بأي تأنيب للضمير بسبب إنفاق المال إذا ما توافر سبب جيد لذلك. والمعروف أنه استخدم مساعدين له في أعماله العلمية، ولكنه ضمن لنفســه أراضي وبنايات ملائمة ليجري فيها بحوثه وتجاربه. لذلك فإن جميع الاحتمالات ترجح أنه خلال ســبعينيات القرن التاسع عشر، رأى أن ثمة حاجة إلى إنشاء مؤسسة على غرار معمل كافنديش، ولهذا وافق على إنفاق المال اللازم لذلك. واستأجر هنري، قبل وفاة أبيه، بيتا ريفيا في هامبســتيد اســتخدمه ثلاث سنوات. وبعد العام 1784، أجر المســكن المقام في شـــارع غريت مارلبورو، واشـــترى بيتا آخر قرب ميدان بيدفورد (ولا يزال البيت موجودا)، ثم ترك هامبستيد واشترى بيتـــا ريفيا آخر في كلافام كومون جنـــوب نهر التيمز. ونلحظ في كل هذا المواقع أن حياته اســتقطبها عمله العلمي، ولم تكن له حياة اجتماعية على الإطلاق سوى لقاء علماء آخرين.

اتصف هنري بالخجل الشديد، وكم كان عسيرا عليه الخروج إلا لحضور اجتماعات علمية - وحتى في هذا الشـــأن، اعتاد من يحضرون متأخرين أن يرونه أحيانا واقفا خارج الباب يحاول أن يســتجمع بعض شجاعته ليدخل. ويحـــدث منه هذا حتى بعـــد أن أصبح بزمن طويل عالمـــا يحظى بالاحترام والتقدير لميزاته وإنجازاته. واعتاد التواصل مع مســتخدميه عن طريق كتابة مذكـــرات حينما كان ذلك ممكنا. وثمة قصـــص كثيرة تحكي كيف أنه التقى علـــى غير موعد امـــرأة لا يعرفها، فإذا به يضع يده علـــى عينيه ويفر هربا بالمعنى الحرفي للكلمة. ولكنه كثيرا ما سافر في رحلات عبر بريطانيا داخل حافلة خلال شـــهور الصيف وبصحبته أحد مساعديه حاملا بحوثه العلمية (كان معنيا بدراسة الجيولوجيا) ويزوران معا علماء آخرين.

وحضر هنري، الذي تـدور حياته الاجتماعية حول العلم، اجتماعا لأول مرة في الجمعية الملكية باعتباره زائرا لأبيه العام 1758، وانُتخب زميلا تأسيسا على قدراته الخاصة في العام 1760، وحصل في العام نفسه على عضوية نادي الجمعية الملكية، وهي جمعية لعقد ولائم عشاء احتفالية أنشأها بعض أعضاء الجمعية الملكية، ولكنها مؤسسة مستقلة. وشارك تقريبا في كل حفلات عشاء النادي (التي تعقد أسبوعيا طوال السنة تقريبا) على مدى الخمسين سنة التالية (*). وحتى يعرف القارئ شيئا عن قيمة النقود في تلك الأيام نقول إن وجبة بثلاثة شلنات (15 بنسا في اليوم) تشتمل على حرية الاختيار من بين عشرة أطباق لحم أو دجاج أو سمك وفطيرتي فاكهة وكعكة خوخ وزبد وجبن ونبيذ وبيرة أو ليموناده (**).

ولم يكن العمل المنشور الذي أسس لشهرة كافنديش باعتباره «أحكم الأثرياء» سوى قمة جبل الثلج لأنشطته البحثية، والتي لم تجد ثمارها طريقها إلى النشر وهو على قيد الحياة. ونجد أن جماع أعماله واسعة النطاق والآفاق ومن شأنها أن تؤثر تأثيرا، عميقا في الفيزياء (بخاصة دراسة الكهرباء) لو عرف معاصروه النتائج التي توصل إليها؛ ولكن الأعمال المنشورة كانت أغلبها في الكيمياء التي لم تكن أقل شأنا أو تأثيرا واندمجت في التيار الرئيسي للتطورات التي شهدها النصف الثاني من القرن الثامن عشر. وأنجز كافنديش أول بحوثه الكيميائية المعروفة لنا نحو العام 1764، وتضمنت دراسة الزرنيخ، ولكنه لم ينشر نتائجها، ولذلك لا نعرف لماذا اختار كافنديش هذا الموضوع تحديدا ليبحثه. وحتى نضع مهاراته في منظورها الصحيح، نشير إلى أن مذكراته توضح أنه خلال هذا الوقت استحدث منهجا لتحضير حمض الزرنيخ (لا يزال مستخدما اليوم) الذي ابتكره على نحو مستقل شيلا في العام 1775، وينسب الفضل إليه عادة في ذلك (وعن حق تماما نظرا إلى ما اتصف

(*) لا دليل على الإطلاق يؤكد الأسطورة التي تقول إن تشارلز كافنديش اعتاد في مثل هذه المناسبات على أن يرسل هنري خارج البيت وليس في جيبه سوى بضعة شلنات تكفي ليدفع ثمن الوجبة من دون أي بنس زيادة.

(**) سجل مذكرات نادي الجمعية الملكية.

به كافنديش من تحفظ). ولكن عندما نشر كافنديش بحثه لأول مرة في «محاضر الجلسات الفلسفية للجمعية الملكية» في العام 1766، أحدث ذلك دويا.

دراسات هنري كافنديش الكيميائية المنشورة في محاضر الجلسات الفلسفية

أعد كافنديش بالفعل وهو في الخامسة والثلاثين مجموعة مترابطة من أوراق البحث تصف تجاربه على غازات «أهوية» مختلفة. ولكن الأبحاث الثلاثة الأولى هي وحدها، ولسبب لا نعرفه، التي وجدت طريقها للنشر، وإن احتوت على ما يمكن وصفه اكتشافه الأهم والأوحد، والذي يفيد بأن «الهواء» المتصاعد عند تفاعل المعادن مع الأحماض هو شيء متمايز له خواصه المميزة ومختلف عن أي شيء آخر في الهواء الذي نتنفسه. ونعرف هذا الغاز الآن باسم الهيدروجين؛ ولكن كافنديش، ولسبب واضح، أطلق عليه اسم «الهواء القابل للاشتعال». واقتداء بخطوات بلاك، أجرى كافنديش الكثير من الاختبارات الكمية الدقيقة، من بينها مقارنة نوع الانفجارات الناتجة عندما تمتزج كميات مختلفة من الهواء القابل للاشتعال بالهواء العادي بحيث يشتعل. وحدد هنا كثافة الهواء القابل للاشتعال، ورأى أن الهواء تصاعد وانطلق مع اشتراك المعادن في التفاعل (ونحن نعرف الآن أن هذا ناتج عن الأحماض)، وحدد اسم الغاز بأنه الفلوجستون - إذ ظن كافنديش، على خلاف أغلبية معاصريه، أن الهيدروجين هو الفلوجستون. وبحث كافنديش أيضا خواص «الهواء الثابت» عند بريستلي (ثاني أكسيد الكربون)، ووضع دائما مقاييس دقيقة، ولم يزعم أن للنتائج دقة أكثر مما تبرره دقة أدوات القياس المستخدمة. ونشر في العام 1767 دراسة عن تركيب المياه المعدنية، ولكن يبدو (ربما متأثرا بكتاب «تاريخ الكهرباء» الذي نشره بريستلي في تلك السنة) أنه حول اهتمامه إلى بحث موضوعات كهربائية، ونشر نموذجا نظريا ينبني على فكرة أن الكهرباء سيال في «محاضر الجلسات الفلسفية» في العام 1771.

ويبدو أن ورقة البحث قوبلت بإغفال تام، وعلى الرغم من أن كافنديش واصل تجاربه على الكهرباء فإنه لم ينشر شيئا آخر في هذا الموضوع. ويا لها من خسارة كبيرة للعلم في ذلك الوقت. ولكن جميع النتائج التي توصل إليها كافنديش (من مثل قانون «أوم» Ohm's law) حققتها الأجيال التالية من العلماء فيما بعد، كل بشكل مستقل (نذكر في هذه الحالة قانون أوم) وهو ما سوف نناقشه كل في سياقه الخاص فيما بعد. ولكن مع هذا، يجدر بنا أن نذكر أن كافنديش أجرى عددا من التجارب الدقيقة على نحو مميز تتضمن مجال توصيل مركب بحيث يكون متحد المركز داخل مجال موصل آخر (مشحون)، وأكد كافنديش بذلك أن القوة الكهربائية تخضع لقانون التربيع العكسي (قانون كولومب) بدقة تصل إلى 1 ± في المائة.

وفي مطلع ثمانينيات القرن الثامن عشر، عاد كافنديش إلى دراسة الغازات. ويوضح هدفه في ورقة البحث العظيمة التي تمخض عنها هذا العمل (*)، إذ يقول: «أجرينا التجارب بهدف أساسي هو اكتشاف سبب نقص الهواء العام، واستعنا في ذلك بكل الوسائل التي يتحول فيها الهواء إلى فلوجستون، ولكي نكتشف أيضا ماذا يحدث للهواء المفقود بهذه الطريقة». وبلغتنا الحديثة، فإن سبب «نقص» الهواء عندما يحترق شيء فيه هو أن الأكسجين الموجود في الهواء يتحد مع المادة المحترقة، بحيث إن نحو 20 في المائة من الهواء العادي يندمج داخل مركب صلب أو سائل. ونعرف أن بريستلي سبق له أن اكتشف الأكسجين وعرف أنه يؤلف نحو خمس الهواء العام، ولكن كافنديش أجرى خلال هذه الفترة هذه التجارب الجديدة بينما لم تكن عملية الاحتراق مفهومة بعد على نحو صحيح. وظن كافنديش، مثله مثل الآخرين، أن العملية تتضمن إضافة الفلوجستون إلى الهواء وليس استنفاد الأكسجين الموجود في الهواء.

ونظرا إلى أن كافنديش ظن أن ما سماه الهواء القابل للاشتعال هو الفلوجستون، فقد كان طبيعيا أن يستخدم الغاز الذي نسميه نحن الآن هيدروجين في هذه التجارب. واستخدم كافنديش تقنية ابتكرها الكهربائي الرائد أليساندرو فولتا وكان يستخدمها آنذاك جون وورلتاير،

(*) محاضر الجلسات الفلسفية - مجلد 74 - ص 119، 1784.

أحد أصدقاء بريستلي (والذي أجرى أيضا تجارب مماثلة). وتتضمن هذه التقنية استخدام شرارة كهربائية لتفجير مزيج من الهيدروجين والأكسجين داخل وعاء نحاسي أو زجاجي محكم الغلق، وحيث إن الوعاء محكم الغلق، فقد أصبح ممكنا وزن كل شيء قبل وبعد الانفجار، إذ لم يخرج من الوعاء سوى ضوء أو حرارة، مع تجنب التماس مع أي مواد أخرى كما كان يحدث لو أن الإشعال تم بواسطة شمعة، على سبيل المثال. وقد تبدو التقنية المستخدمة في ضوء المعايير الحديثة، ليست متقدمة أو معقدة، بيد أنها مثال آخر يوضح لنا كيف أن التقدم العلمي يعتمد تماما على التكنولوجيا المتقدمة.

ولحظ وورلتاير أن السطح الداخلي للوعاء تغطيه قطرات ندى بعد الانفجار، ولكن لا هو ولا بريستلي، الذي كتب تقريرا عن النتائج التي توصلا إليها، أدركا أهمية ومعنى ذلك - إذ كانا معنيين فقط بمعرفة إمكان أن للحرارة وزنا، أي ما فقده الوعاء في صورة حرارة تسربت في أثناء الانفجار (*). ويبدو أن تجارب وورلتاير توضح هذا الفقد في الوزن، ولكن كافنديش أجرى في مطلع العام 1781 تجارب أكثر حذرا ودقة (وقد كان أحد المنتمين لفكرة أن الحرارة تقترن بالحركة)، وأوضحت تجاربه أن الأمر ليس كذلك. وحري بنا أن نقتبس ما قاله بكلماته هو عن هذه التجارب في ورقة بحثه في العام 1784:

> يشتمل المجلد الأخير من كتاب دكتور بريستلي على تجارب من بينها تجربة للسيد وورلتاير التي قيل فيها إنه عند إشعال مزيج من الهواء العادي والقابل للاشتعال عن طريق الكهرباء داخل وعاء نحاسي مغلق يحتوي على ثلاث باينتات Pints.
>
> (قرابة نصف لتر حجم وسعة - المترجم) يلاحظ دائما نقصان الوزن بنحو ثلاث قمحات.... ويحكي أيضا أنه بتكرار التجربة داخل وعاء زجاجي فإن السطح الداخلي للزجاجة، وقد كان قبل العملية نظيفا وجافا، إذا به يتحول

(*) تفيد معادلة إينشتين الشهيرة $E=mc^2$ أن الطاقة المفقودة لا تعادل الوزن الناقص، ذلك لأنه ضئيل للغاية بحيث لا يمكن بطبيعة الحال قياسه في مثل هذه التجارب.

> مباشرة إلى سطح يغطيه الندى. ويؤكد هذا رأيا أكده مرارا وهو أن الهواء العام يرسب ما فيه من رطوبة بسبب عملية إضافة الفلوجستون. ونظرا إلى أن التجربة الأخيرة تلقي فيما يبدو ضوءا كبيرا يوضح الموضوع الذي نحن بصدده فقد رأيت أن من المهم دراسة الأمر عن كثب أكثر. كذلك فإن التجربة الأولى، إن لم يكن بها أي خطأ، ستكون فريدة تماما ومثيرة للفضول: بيد أنها لم تنجح معي. إذ على الرغم من أن الوعاء الذي استخدمته احتوى على أكثر مما احتواه وعاء السيد وورلتاير، نحو 24 ألف قمحة من الماء، وكذا على الرغم من تكرار التجربة مرات عديدة وبنسب مختلفة من الهواء العادي والهواء القابل للاشتعال، فإنني لم أستطع أبدا أن أدرك نقصانا في الوزن أكثر من خُمس قمحة أو لا شيء بتاتا بشكل عام.

ويشير كافنديش، في هامش الصفحة، إلى أنه وقد أجرى تجاربه فإن بريستلي أيضا وجد أن محاولاته لإعادة النتائج التي حصل عليها وولتاير لم تنجح. أو لنقل بلغتنا الحديثة إن كافنديش أوضح أن وزن الماء الذي تشكل في الانفجار مساو لوزن الهيدروجين والأكسجين.

وقضى كافنديش وقتا طويلا جدا إلى أن دفع بهذه النتائج إلى المطبعة، وذلك لأنها كانت مجرد البداية لسلسلة تجارب دقيقة بحث خلالها نتائج انفجار نسب مختلفة من الهيدروجين مع الهواء، فضلا عن إجراء دراسة تحليلية دقيقة لقطرات الندى المترسبة على السطح الزجاجي، وتوخى الحذر بشكل خاص إزاء هذا الأمر بسبب ما حدث في بعض تجاربه الأولى، إذ تحول السائل إلى سائل حمضي خفيف جدا. ونحن نعرف الآن أنه إذا لم يكن في داخل الوعاء المحكم الغلق ما يكفي من هيدروجين لاستنفاد كل الأكسجين فإن حرارة الانفجار تجعل ما تبقى من أكسجين يتحد مع نيتروجين الهواء ويصنع أكسيدات النيتروجين، والذي يشكل قاعدة حمض النتريك. ولكن اكتشف كافنديش في النهاية أنه مع توافر كمية كافية من «الهواء القابل للاشتعال» يحدث دائما فقدان النسبة ذاتها من الهواء

العادي، وأن السائل الناتج عن الانفجار ماء صاف. ووجد أن 423 مقياسا من الهواء القابل للاشتعال كافية تقريبا لإضافة ألف فلوجستون من الهواء العادي، وأن حجم الهواء المتبقي بعد الانفجار أكثر بقليل جدا من أربعة أخماس الهواء العادي المستخدم». واكتشف في تجارب سابقة أن 20.8 في المائة من الهواء العادي، وفق الحجم، هو (بلغتنا الآن) أكسجين. معنى هذا أن نسبة غاز الهيدروجين إلى الأكسجين وفق الحجم واللازمة لتحويل كل مزيج الغازات إلى ماء هي، بأرقامه شخصيا، 208 : 423، في حدود 2% من النسبة (2 : 1)، وهي النسبة المعروفة لنا الآن لاتحاد الغازين.

الماء ليس عنصرا

شيء طبيعي أن يصف كافنديش نتائج تجاربه في ضوء نموذج الفلوجستون (بل إنه فسر بالطريقة نفسها إنتاج حمض النيتريك من «الهواء المضاف إليه فلوجستون»، ما نسميه نحن النيتروجين، هذا على الرغم من أن التفسير معقد بصورة مروعة)، ولم يفكر في الهيدروجين والأكسجين كعنصرين اندمجا من مركب فيزيقي واحد صنع الماء. ولكنه بين بوضوح أن الماء نفسه ليس عنصرا، وأنه بشكل ما نتاج مزيج من مادتين أخريين. ويمثل هذا خطوة رئيسية في المراحل الأخيرة للتحول من الخيمياء إلى الكيمياء. ونظرا إلى أن كافنديش، لسوء حظه، كان مجدا غاية الجد، دقيقا إلى أقصى حد في تتبعه لأي إمكان قبل أن ينشر نتائجه، ثم ينشرها أخيرا بعد مضي بعض الوقت، فإن آخرين كانوا عاكفين على المسارات نفسها، وأدى هذا، مع مرور الوقت إلى خلط وتشوش الأسبقيات. إذ نجد جيمس وات في إنجلترا يتوصل إلى فكرة الطبيعة المركبة للماء في فترة قريبة من عامي 1782 أو 1783، معتمدا في دراسته جزئيا على التجارب التي استهلها فولتا وورلتاير. ونشر جيمس وات تأملاته وأفكاره عن طريق الجمعية الملكية أيضا في العام 1784 (على الرغم من أن أفكاره ليست في دقة واكتمال أعمال كافنديش). وسمع لافوازييه في فرنسا عن النتائج الأولى التي توصل إليها كافنديش، وعرفها عن طريق تشارلز بلاغدين، المساعد العلمي لكافنديش (الذي أصبح أيضا سكرتيرا للجمعية

الملكية) وقت زيارته لباريس في العام 1783 (*). وقام لافوازييه على الفور ببحث الظاهرة (مستخدما أيضا تقنية تجريبية أقل دقة من كافنديش، على الرغم من أن لافوازييه اعتاد الدقة في تجاربه)، وسجل نتائجه من دون أن يعترف بحق كافنديش كاملا من حيث أسبقية العمل. مر كل ذلك على مدى الزمن، بيد أننا لا نجد اليوم أحدا يشك في دور كافنديش في تحديد الماء كمادة مركبة - وهو ما كان مكونا رئيسيا في نتائج لافوازييه التي قوض بها نموذج الفلوجستون واستحداث فهم أفضل للاحتراق.

وقبل أن ننتقل إلى أعمال لافوازييه الخاصة، هناك إنجازان آخران لكافنديش غاية في الأهمية بما لا يسمح لنا بإسقاطهما من قصتنا، على الرغم من أنهما لا يمثلان جزءا في عملية تطور الكيمياء خلال القرن الثامن عشر. الأول مثال يبين مدى دقة كافنديش البالغة في تجاربه، وإلى أي مدى كان سابقا لعصره من نواح كثيرة. إذ نراه في ورقة بحث منشورة في العام 1785 يصف تجاربه على الهواء، والتي اشتملت على إشعال طويل المدى للنيتروجين (الهواء المضاف إليه فلوجستون) والأكسجين (الهواء الخالي من الفلوجستون) على القلوي. وأدت التجارب إلى استنفاد كامل لكل النيتروجين وأنتجت أنواعا من أكسيدات النيتروجين. وأشار كافنديش، كاستنتاج عن هذا العمل، إلى أن هذا دليل على استحالة إزالة كل الغاز من عينة الهواء لديه، وأنه حتى بعد إزالة كل الأكسجين والنيتروجين تبقت فقاعة صغيرة، «ليست يقينا أكثر من 20/1 من حجم الهواء المضاف إليه الفلوجستون». وعزا ذلك إلى خطأ في التجربة، ولكنه سجلها لاستكمال التجربة. وبعد مضي أكثر من قرن لفت هذا العمل نظر وليام رامساي الذي يعمل في يونيفرستي كوليج في لندن، كما لفت نظر لورد ديلي الذي يعمل في معمل كافنديش في كيمبريدج (تختلف الروايات حول الأسباب الدقيقة التي توضح لماذا وكيف لفتت الأنظار). وقرر الاثنان متابعة الفقاعة الغامضة التي تحدث عنها كافنديش، واكتشفا في العام 1894 غازا غير معروف في السابق، وهو غاز الأرغون الموجود في صورة

(*) بلاغدين هو الذي قام، بناء على اقتراح كافنديش، بعملية قياسات لدرجة حرارة البحر في أثناء رحلة إلى أمريكا في منتصف العقد الثامن من القرن الثامن عشر، واكتشف تيار الخليج الدافئ.

آثـار دقيقة (0.93 في المائة أو 107/1) فـي الغلاف الجوي. وأدى هذا الاكتشـاف إلى حصول صاحبيه على إحـدى أوليات جائزة نوبل في العام 1904 (هـي عمليا جائزتا نوبل نظرا إلـى أن رايليغ حصل على إحداهما عن إنجـازه في الفيزياء وحصل رامسـاي عليها لإنجازه فـي الكيمياء). والمعروف أن جائزة نوبل لا تمنح بعد الوفاة ولكن لو كانت تمنح بعد الوفاة، لانضم إليهما يقينا كافنديش لأنه جدير بهذا التكريم لأعمال أنجزها قبل 120 عاما سابقة.

تجربة كافنديش لوزن الأرض

آخر إسـهام نذكره لكافنديش هو أيضا آخر عمل أنجزه، وهو الأشهر عنـده فضلا عن أنه موضوع آخـر كتاب مهم أصدره، والـذي قرأه على الجمعيـة الملكية في 21 يونيـو 1798، أي قبل بلوغ كافنديش السـابعة والستين من العمر بأربعة أشهر. ذلك أن كافنديش أجرى تجاربه في مبنى ملحق بمسـكنه في كلافام كومون، حيث وزن الكرة الأرضية وهو في سـن يتوقف عندها أغلبية العلماء عن إنجاز أي إسهام مهم في تخصصهم.

والجدير بالذكر أن ما اشـتهر باسم «تجربة كافنديش» إنما وضعها صديق كافنديش القديم جون ميتشـيل، الذي سـيحتل مكانا بارزا في الفصـل التالي. فكر ميتشـيل في كل جوانب التجربـة ووصل إلى حد صناعـة الجهاز اللازم لإجرائهـا عمليا، ولكن عاجلتـه المنية في العام 1793 قبل أن يجري التجربة بنفسه. وآلت كل الأجهزة العلمية الخاصة بميتشـيل إلى كليتـه القديمة كوين في كيمبريـدج، ولكن لم يكن هناك من هو مؤهل علميا لمتابعة فكرة ميتشـيل بشأن وزن الأرض، لذلك قرر فرنسـيس ولاستون، أحد أسـاتذة كيمبريدج، نقلها إلى كافنديش (كان أحد أبناء وولاسـتون جارا لكافنديش في كلافام كومون. ولعل هذا أحد العوامل التي سـاعدت على ذلك، وإن كان كافنديش في جميع الأحوال هـو أبرز من يصلح لهـذه المهمة علـى الرغم من كبر السـن). وتتميز التجربة بالبساطة الشـديدة من حيث المبدأ ولكنها تستلزم مهارة كبيرة في التطبيق العملي نظرا إلى الحاجة إلى قياس قوي دقيق جدا. وأعاد

كافنديش بناء الجهاز. ويستخدم الجهاز قضيبا طويلا خفيف الوزن (ست أقدام طولا ومصنوع من خشب) وعند طرفيه كرتان صغيرتان من الرصاص، على بعد بوصتين من كل جانب. وعلق القضيب بسلك من المنتصف. وعلق كرتين من الرصاص أثقل كثيرا وتزن كل واحدة نحو 350 رطلا، بحيث يمكن تأرجحهما في موضعهما على مسافة واحدة بدقة من الكرتين الصغيرتين. ووضع الجهاز كله داخل صندوق خشب حتى لا تحركه تيارات الهواء. ونلحظ أنه بسبب التجاذب التثاقلي بين الأوزان الكبيرة والكرات الصغيرة انحرف القضيب قليلا على المستوى الأفقي إلى أن أوقفه التواء السلك؛ وحاول كافنديش قياس القوة المناظرة لكمية الانحراف، وأجرى لذلك تجارب على الأوزان الكبرى الغائبة وعلى القضيب الأفقي في دورانه جيئة وذهابا، وكأنه بندول أفقي. وتسمى العملية كلها باسم الميزان الالتوائي لقياس مجالات القوة.

عرف كافنديش من كل ما سبق قوة الجذب بين وزن 350 رطلا وكل كرة من الكرتين الصغيرتين. وسبق له أن عرف قوة جذب الأرض على الكرة الصغيرة - وزنها أو ثقلها - وبهذا أصبح في إمكانه استنتاج كتلة الأرض من نسبة هاتين القوتين. ويمكن أيضا استخدام مثل هذه التجارب لقياس شدة قوة الجذب في ضوء رقم معلوم مثل ثابت الجاذبية، ونكتبه G ، ولا تزال مثل هذه التجارب مستعملة اليوم. ولكن كافنديش لم يفكر في مثل هذه المصطلحات ولم يقس هو نفسه G ، على الرغم من أن قيمة مثل هذا الثابت يمكن استنتاجها من المعلومات التي قدمها، ولم يقدم كافنديش في الحقيقة قيمة لكتلة الأرض من حيث هي كذلك في نتائجه، بل قدم لنا رقما عن كثافتها. وأجرى سلسلة من ثماني تجارب في أغسطس وسبتمبر 1797، ثم تسع تجارب أخرى في أبريل ومايو 1798، ونشر نتائجها في «محاضر الجلسات الفلسفية» (*)، واضعا في الاعتبار مصادر كثيرة لاحتمال الخطأ، كما استخدم نوعين مختلفين من السلك وقارن بين النتائج المتحصل عليها، وحدد قيمة كثافة الأرض، وهي عنده 5.48 أضعاف كثافة الماء.

(*) مجلد 88 ص 526، 1798.

وهذه النسبة أعلى بدرجة طفيفة من تقدير آخر توصل إليه الجيولوجيون قبل ذلك بوقت قليل استنادا إلى قياسات تبين مدى انحراف البندول عن الوضع الرأسي تجاه جبل ضخم. بيد أن تلك الدراسات اعتمدت على تخمين كثافة الصخور التي يتألف منها الجبل، وكتب جيمس هاتون، أحد الجيولوجيين المشاركين في هذا العمل، رسالة إلى كافنديش قال فيها إنه يرى الآن أن هذا الرقم انخفض عن السابق، وأن القيمة الحقيقية لكثافة الأرض المستمدة من هذه الطريقة تقع ما بين 5 و6 (*). ولوحظ بعد سنوات طويلة أن كافنديش، وعلى الرغم من حرصه الشديد، وقع في خطأ حسابي ضئيل في حساباته، وأن الرقم الخاص بكثافة الأرض تأسيسا على أرقامه هو ينبغي أن يكون 5.45 ضعف كثافة الماء. وجدير بالذكر أن القيمة الحديثة، لمتوسط كثافة الأرض، والمستمدة من تقنيات عديدة، هي 5.52 ضعف كثافة الماء، أي أكثر من قيمة كافنديش بعد تصحيحها بـ 1%. ونجد أفضل مثال على مدى دقة هذه التجارب في كتاب ألفه أحد المشاركين في تلك التجارب مع نهاية القرن التاسع عشر ونعني به عالم الفيزياء الإنجليزي جون بوينتنغ (1852-1914) (**). إذ يقول عن التجارب التي استخدمت الميزان الرأسي العادي لقياس القوى الدقيقة الناتجة عن وضع كتلة ضخمة تحت أحد كفتي الميزان:

> تخيل ميزانا ضخما جدا بحيث تحوي إحدى كفتيه كل سكان الجزر البريطانية، وأنه وُضع جميع السكان فوق الكفة فيما عدا صبي متوسط الحجم. وإن زيادة الوزن التي نريد قياسها تساوي قياس أي زيادة تحدث عند وضع الصبي مع الآخرين. وينبغي أن تصل دقة القياس إلى درجة تعادل ملاحظة ما إذا كان الصبي قد خلع إحدى حذائيه قبل أن يخطو فوق كفة الميزان.

هكذا كانت دقة كافنديش قبل ذلك حتى بمائة عام.

(*) الاقتباس من يونج نيكل وماك كورماتش.

(*) The Earth (CUP', Cambridge, 1913

وبلغ كافنديش عقده السابع خلال العقد الأول للقرن التاسع عشر. وواصل كافنديش حياته على المنوال نفسه كما كان دائما، يجري تجاربه العلمية (وإن لم نجد ما يستحق الذكر هنا)، ويتناول العشاء في نادي الجمعية الملكية، ويواظب على حضور الاجتماعات العلمية. (ونعرف أنه مشارك قديم في عضوية المؤسسة الملكية، حيث كان ضمن مجلس إدارتها وأبدى اهتماما نشطا بأعمال همفري دافي). ووافته المنية في هدوء في بيته يوم 24 فبراير 1810 بعد مرض قصير، ووري التراب في مدافن الأسرة في كنيسة أول سينتس في دربي (واسمها الآن كاتدرائية دربي). جدير بالذكر أن علماء من أمثال بلاك وبريستلي وشيلا وكافنديش حققوا الاكتشافات التي أرست قواعد الكيمياء كعلم. وعاش كافنديش ليشهد التئام هذه الاكتشافات معا في توليفة واحدة جعلت من الكيمياء مبحثا علميا حقا، وهو ما تحقق على يدي من اعتبره التاريخ أعظم علماء الكيمياء قاطبة، وهو أنطوان لافوازييه. حقا امتد العمر بكافنديش إلى ما بعد وفاة لافوازييه، الذي سقط، كما سوف نرى، ضحية «الإرهاب» في أثناء الثورة الفرنسية.

أنطوان - لوران لافوازييه

دراسة الهواء، ودراسة الجهاز التنفسي

ولد أنطوان - لوران لافوازييه لأسرة كاثوليكية في باريس في 26 أغسطس 1743 في الحي المعروف باسم ماريه Marais. كان كل من جده (أنطوان أيضا) وأبيه (جان أنطوان) محاميين ناجحين، ونشأ أنطوان الصغير وترعرع في حياة ميسورة تميز الطبقة الوسطى. له أخت واحدة شقيقة مولودة في العام 1745، وتم تعميدها باسم ماري - مارغريت - إميلي. ولكن الأم، واسمها إميلي، توفيت في العام 1748 وذهبت الأسرة للعيش مع الجدة للأم الأرملة قرب لي هال Les Halles. وهناك قامت أخت إميلي التي لم تتزوج، وهي ماري أخرى، بدور الأم البديلة التي نذرت نفسها للطفلين. والتحق أنطوان بكلية مازارين (تأسست بناء على وصية كاردينال مازارين، الذي عاش من 1602 وحتى 1661، وحكم فرنسا في

أثناء حكم الأقلية للويس الرابع عشـــر). وتألق أنطوان في الكلاســيكيات وفي الأدب، ولكنه شـــرع في تعلم شيء عن العلم أيضا. وفي العام 1760 توفيت ماري، أخت لافوازييه، وهي في الخامســة عشرة من عمرها، وبعد العام، التحق بمدرســة القانون بجامعة باريس عازمــا على الاقتداء بنهج الأســرة التقليدي في العمل، وتخرج فيها وحصل على بكالوريوس القانون في العام 1763 وتأهل وحصل على الإجازة في العام 1764. ولكن دراساته القانونية لا تزال تهيئ له الوقت لتطوير اهتماماته العلمية، فتابع مقررات دراسية في الفلك والرياضيات والنبات والجيولوجيا والكيمياء، إلى جانب عمله الرســمي. وبعــد أن أكمل لافوازييه تعليمه، اســتهواه العلم من دون القانون، واســتجاب لنداء العلم فقضى ثلاث سنوات يعمل مساعدا للعالم جــان - اتيين غويتار (1715-1786) في مشــروع يهدف إلى اســتكمال خريطة جيولوجية لفرنسا، مع مسح وجمع عينات.

وفــي الوقت الذي اكتمل فيه هذا المشــروع الميداني، أصبح لافوازييه حرا في اختيار العمل الذي يريده. وتوفيت جدته في العام 1766 وتركت له أغلبية ثروتها (كافية تماما للحياة بها). وأصبح لافوازييه خلال هذا العام نفســه ذائع الصيت لأول مرة داخل الأوســاط العلمية بعد منحه ميدالية ذهبية قدمها له رئيس أكاديمية العلوم باســم الملك تقديرا لدراسة له عن أفضل وســيلة لإنارة طرقات مدينة كبيرة ليلا. وفي العام 1767 وبعد أن تولت الحكومة رسميا رعاية دراسة المسح الجيولوجي التي يتولاها غويتار، تعــاون هذه المرة مع غويتار، ولكن باعتباره على قدم المســاواة معه، وليس مســاعدا له، من أجل المسح الجيولوجي لمنطقة ألزاس - لورين. وترسخت شــهرته بفضل هذا العمل حتى أن الأكاديمية الملكية للعلوم انتخبته عضوا بها في العام 1768 وهو لا يزال في الخامسة والعشرين وهي سن صغيرة.

ويختلــف منهــج عمــل الأكاديميــة الفرنســية عن الجمعيــة الملكية الإنجليزية. إذ إن الجمعية الملكية، إذا شــئنا الدقــة، هي مجرد ناد لعلية القوم من دون أي مكانة رســمية. ولكن الأكاديمية الفرنسية تتلقى تمويلها مــن الحكومة، ويتقاضى أعضاؤها رواتــب، ولها أن تنفذ عملا ذي طبيعة علمية لمصلحة الحكومة، حتى وإن كان للأعضاء مناصب أخرى. واستطاع

لافوازييــه، الإداري القديــر، أن يؤدي دورا كاملا في أنشــطة الأكاديمية. وأسهم في أثناء عضويته في كتابة تقارير كثيرة تناولت موضوعات متباينة، مــن مثل غش العصائر، ومنطاد مونتغولفييــه، والنيازك، وزراعة الكرنب، وعلــم تعدين منطقة البرانس وطبيعة الغاز المتصاعد من البالوعات. ولكن لافوازييــه على الرغم مــن قدراته التي لا يدانيها أي شــك لم يكن يملك قدرة الاستبصار وبعد النظر، لهذا نراه في العام 1768 يتخذ قرارا يتضح فيما بعد أنه القرار الأســوأ في حياته، عندما اشترى نصيب الثلث مقابل الالتزام بعائدات الضرائب الزراعية.

وجديــر بالذكر أن النظــام الضرائبي الفرنســي اتصف في ذلك الوقت بعدم الإنصاف وعدم الأهلية والفســاد. ونبعت أكثر المشــكلات من جمود النظام السياســي الفرنســي على مدى القرنين السابع عشر والثامن عشــر، وقتما امتد حكم لويس الرابع عشــر 72 سنة (والبداية بمســاعدة كاردينال مازارين)، وهذه هي المدة التي أزاحت فيها إنجلترا الملكية مرتــين لاعتراض الإنجليز عليها، ثم بعــد ذلك لويس الخامس عشــر الذي حكم 59 سنة أخرى من 1715 وحتى 1774، ولم يول أي منهما اعتبارا لإرادة الشعب. وتمثلت نتيجة ذلك في الممارسات الجارية (من مثل إعفاء النبلاء من الضرائب)، وهي ممارســات كان ينظر إليها باعتبارها «طبيعة الأمور» في مطلع القرن الســابع عشــر، ولكنها ظلت نافــذة المفعول في صورة بقايا لعصر ولى زمانه خلال الربع الأخير من القرن الثامن عشر. وطبيعي أن كان هذا عاملا رئيسيا لأسباب السخط التي أدت إلى الثورة الفرنسية.

وبعد أن أصبح لافوازييه عمليا جابي ضرائب، قسمت الحكومة حق جبايــة الضرائب (مثل الضرائب على الملح والجمارك على المشــروبات الكحوليــة) على فــرق من المولين يعرفون باســم الملتزمــين، يدفعون للحكومــة مقابل هذا الامتياز (ويســتخدمون في ذلك عادة رأســمال يحصلون عليه بالاقتراض). ويعرف هؤلاء باسم ملتزمي ضرائب الملك، ويســتردون اســتثمارهم علاوة على ربح معقول يحصلــون عليــه من الضرائب، ولهم أن يحتفظوا لأنفســهم بما يتسنى لهم جمعه زيادة على

مـــا دفعوه للملك (*). وحتى يزيد الطين بلة نجد الملتزمين، حتى الأمناء الأكفـــاء منهم (وكان بعضهم كذلك)، يمكنهم فقط الحصول على حقوق الالتـــزام عن طريق توفيـــر مناصب تدر دخلا بلا عمل للقساوســـة أو لأســـرهم أو لأبناء الأسرة المالكة، بحيث يتسنى لهم الحصول على دخل (يعرف باسم منحة تقاعد) من عائدات المزرعة من دون أي عمل يؤدونه. ولسنا في حاجة إلى خيال واسع لكي نتبين كراهية الشعب لهذا النظام، حيـــث كان الجميع ملزمين بدفع ضرائـــب (فيما عدا الأثرياء)، بيد أننا في حاجة إلى الخيال الواسع لكي نعي تماما أن لافوازييه ليس بالإنسان الســـيئ الذي يقهر الفقراء، وإنما أقدم فقط على ما ظنه استثمارا في موضعه الصحيح، وعمـــل بجد ودأب يقينا من أجل «التزامه»، ولا نجد أي دليـــل على أنه كان جابيا قاســـيا. بيد أنه كان فـــي الحقيقة جابي ضرائب والنظام نفســـه قاســـيا لا يرحم، حتى وإن ســـار وفق مقتضى القانون. ولكن حتى إذا ما انتهى ارتباطه هنا على نحو لا يسر، غير أنه يقينا بدأ بداية حسنة، وليس اقتصاديا فقط. ذلك أنه في 16 ديسمبر 1771، دخـــل لافوازييـــه في زواج مرتب مع مـــاري - آن - بيريت بولز، البالغة من العمر 13 سنة، وابنة ملتزم زميل له هو المحامي جاك بولز. واحتفالا بهذه المناســـبة اشترى الأب لابنه لافوازييه لقبا متواضعا، وإن لم يســـتخدمه تقريبا، إذ أصبح من الآن فصاعدا يلقب رســـميا بـ «دو لافوازييـــه». وعلى الرغم من عدم إنجاب أطفال فـــإن الزيجة على ما يبدو كانت زيجة سعيدة، وأصبحت ماري شديدة الاهتمام بالعلم وتعمل مساعدة للافوازييه وتعينه على الاحتفاظ بمذكرات عن تجاربه.

وأجـــرى لافوازييـــه في نهاية العقد الســـابع من القرن الثامن عشـــر سلســـلة من التجارب تأسيسا على نهج بلاك الدقيق والحذر في الكيمياء، وأثبـــت في النهاية أن الماء لا يمكن أن يتحول إلى تراب. ولكن العمل الذي اشتهر به حتى الآن استهله في سبعينيات القرن الثامن عشر، بعد زواجه. إذ عمل على تســـخين الألماس مســـتخدما أشعة الشـــمس مع تركيزها من خلال عدسات ضخمة (قطرها أربع أقدام وسمكها ست بوصات)، وبرهن

(*) لـــم يجب الضرائب عمليا رجال مثل لافوازييه، إذ كان هؤلاء يحتلون قمة الهرم ويســـتخدم الملتزمون مديرين ومشاركين لإنجاز العمل.

فـــي العام 1772 على أن الألماس قابل للاحتراق، وأثبت مع نهاية العام أن الكبريت إذا احترق يزداد وزنه بدلا من فقده. وهذه هي أول خطوة مستقلة له على الطريق إلى الفهم الحديث للاحتراق كعملية تشتمل على الأكسجين في الهواء واتحاده مع المادة المحترقة. اســتهل بذلك سلســلة ضخمة من التجارب، منها دراســة دقيقة لما قال عنه بلاك «الهواء الثابت»، وإنتاج ما نعرفه الآن باســم الأكســجين عن طريق تسخين الكلس الأحمر للرصاص (الرصاص الأحمر) بالعدســات الضخمة. وفي العــام 1774، وفي فترة غير بعيدة عن تاريخ اكتشــافه الأكسجين، انطلق بريستلي في صحبة لورد شيلبورن في رحلة إلى قارة أوروبا، وزار بريستلي في العام نفسه لافوازييه فـــي باريس، حيث أبلغــه أنباء نتائجه الأولى. وشــرع لافوازييه ابتداء من نوفمبــر 1774 فـــي تنفيذ تجاربه هــو وفقا لهذا المنهج، ونشــر في مايو 1775 ورقــة بحث قال فيها: «المبدأ» الذي اتحد مع المعادن في أثناء عملية التكليــس (تكوين كلس) جاء من الغــلاف الجوي وهو «الهواء النقي» الذي اكتشفه بريستلي.

وبدأ لافوازييه نحو هذا الوقت في الانخراط أكثر في العمل الحكومي. ونعرف أن لويس السادس عشر عند توليه العرش في العام 1774، حاول إصلاح بعض الفساد الإداري الذي ورثه. وكان من بين هذه المفاسد طريقة تزويد الجيش والأسطول بالبارود (أو عدم تزويده كما حدث كثيرا)، وحدث أن طبقت الســلطات هنا ما هو مطبق في نظام الالتزام لجباية الضرائب، إذ كانت عملية التزويد مشــروع ملكية خاصة وفاسدة وقاصرة. لهذا قرر لويس السادس عشر في العام 1775 تأميم صناعة البارود، وتعيين خمسة مفوضين (أحدهم لافوازييه) لإدارة المشروع. وانتقل لافوازييه إلى ترسانة باريــس لتيســير العمل (الذي أنجــزه، مثلما أنجز كل شــيء تناوله بدقة وكفاءة)، وأقام معمله هناك. وأثبت هناك تفوق النموذج الحديث للاحتراق على نموذج الفلوجســتون، وبعد ذلك، في العام 1779، أعطى الأكســجين الاسم الذي نعرفه به (*).

(*) وأكسجين تعني بالإغريقية: ما يضيف الحامض، إذ ظن لافوازييه خطأ أن الأكسجين موجود في جميع الأحماض.



23 - تجربة لافوازييه على التنفس البشري،
عن رسم رسمته ماري - آن لافوازييه

وكان لافوازييه، شأن علماء الكيمياء الآخرين في ذلك الوقت، معنيا باهتمام شديد بطبيعة الحرارة التي سماها «مادة النار». وأجرى تجارب أوضحت أن الأكسجين المستمد من الهواء يتحول إلى هواء ثابت عن طريق تنفس الحيوانات (بما في ذلك البشر)، واستنتج من ذلك أن الحيوان يحافظ على حرارة جسده عن طريق تحول الأكسجين إلى هواء ثابت بالطريقة نفسها التي تصدر فيها الحرارة عن الفحم النباتي عند الاحتراق (وهو على صواب من حيث المبدأ، ولكن، بطبيعة الحال، نعرف أن العمليات التي تتولد عنها حرارة الجسم أكثر تعقدا بقليل من عملية الاحتراق البسيطة). ولكن كيف له أن يختبر هذا الفرض؟ رغبة منه في إقامة البرهان، أجرى في مطلع ثمانينيات القرن الثامن عشر بعض التجارب العبقرية على فأر تجارب، وتعاون معه في ذلك زميله الأكاديمي بيير لابلاس، الذي سنحكي قصته في الفصل التالي.

وضع لافوازييه ولابلاس فأر التجارب في حاوية ويحيط به الثلج من كل النواحي، ووضع الحاوية بكل ما فيها داخل حاوية أكبر (ويعرف هذا كله معا باسم الكالوريمتر أو المسعر لقياس السعر)، وبعد عشر ساعات

داخل البيئة الباردة أدى دفء جسم الحيوان إلى إذابة 13 أوقية ثلج. ولكن لافوازييه ولابلاس استطاعا، عن طريق حرق أجزاء صغيرة من الفحم النباتي داخل مسعر جليدي، معرفة كمية الفحم النباتي اللازمة لإذابة مثل هذه الكمية من الثلج. وأجرى كل منهما سلسلة مستقلة من التجارب، وقاسا كمية الهواء الثابت الذي أطلقه فأر التجارب زفيرا على مدى عشر ساعات وهو في حالة راحة، وكذا كمية الهواء الثابت المنتج عن حرق كميات مختلفة من الفحم النباتي. وخلصا إلى نتيجة مؤداها أن كمية الهواء الثابت التي أطلقها فأر التجارب في صورة زفير تكاد تعادل الكمية الناتجة عن حرق فحم نباتي تولدت عنه حرارة كامنة لإذابة 10.5 أوقية جليد. لم تكن النتائج متطابقة، ولكن لافوازييه ولابلاس كانا على وعي من أن التجربة معيبة، ورأيا في ذلك تأكيدا على الفكرة القائلة إن الحيوانات تحتفظ بالدفء عن طريق تحويل ما نسميه اليوم كربونا (من طعامها) إلى ما نسميه اليوم ثاني أكسيد الكربون (الذي تطلقه زفيرا)، عن طريق اتحاده بالأكسجين المستمد من الهواء (الذي نشمه شهيقا). وقال لافوازييه ولابلاس إن التنفس بناء على ذلك هو عملية احتراق بطيئة جدا، ولكنها تماثل وإن بشكل مختلف احتراق الفحم النباتي. وبدت هذه خطوة رئيسية في ترسيخ وضع البشر في سياقهم كمنظومات (وإن بدت منظومات معقدة) تخضع لنفس القوانين شأنهم شأن الأحجار الساقطة أو الشموع المشتعلة. ومع نهاية القرن الثامن عشر أوضح العلم أن لا حاجة بنا إلى اللجوء لأي شيء من خارج عالم العلم المعروف لنا لإنتاج دفء الحياة للجسم البشري - أي لا حاجة إلى ما قال به هارفي، «الدفء الطبيعي».

واستطاع لافوازييه في أثناء دراسته للتنفس أن يحقق مزيدا من تطوير نظرية الاحتراق، ونشر دحضه الحاسم والنهائي لنموذج الفلوجستون في «مذكرات» Memoires الأكاديمية في العام 1786، على الرغم من أن القضاء التام على مؤيدي نموذج الفلوجستون احتاج إلى بعض الوقت. وجدير بنا أن نقدم عرضه الذي أوجز فيه ورقة البحث بكلماته هو، من دون أن ننسى أنه استخدم مصطلح «الهواء» حيث نستخدم نحن مصطلح غاز:

1 - لا يوجد احتراق، تطور للهب والضوء، إلا حيث يكون الجسم الذي تجري في داخله عملية الاحتراق محاطا بالأكسجين وملامسا له؛ لا يمكن أن يحدث احتراق مع أي نوع آخر من الهواء أو في فراغ، ومن ثم فإن إشعال النار في أي جسم مغموس في أي من هذه سوف يؤدي إلى إطفائها وكأننا غمسناها في ماء.

2 - يحدث في أي عملية احتراق امتصاص للهواء المحيط بالعملية، وإذا كان هذا الهواء أكسجينا خالصا فإن في الإمكان امتصاصه كاملا، مع أخذ الاحتياطات اللازمة.

3 - تحدث مع كل عملية احتراق زيادة في وزن الجسم المحترق، وتساوي هذه الزيادة بالدقة وزن الهواء الذي تم امتصاصه.

4 - تتضمن كل عملية احتراق تطورا في الحرارة والضوء.

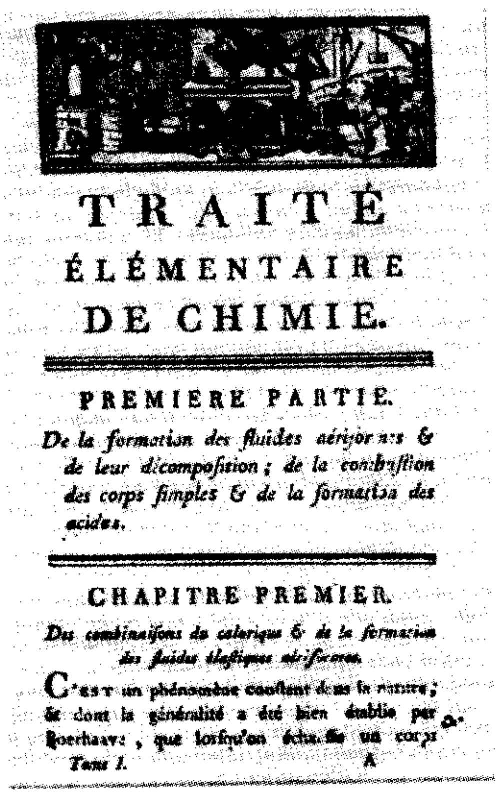
سبق أن ذكرنا كيف أن تشارلز بلاغدين أبلغ لافوازييه في باريس في يونيو 1783 بأنباء عن دراسات هنري كافنديش عن عملية تكوين الماء، ونستطيع الآن أن نتبين إلى أي مدى تلاءمت هذه الأنباء طبيعيا مع نموذج لافوازييه عن عملية الاحتراق، حتى على الرغم من أن تجاربه الأولية على عملية احتراق الهيدروجين كانت أقل دقة من تجارب كافنديش. وقد يسيء، هذا إلى لافوازييه، أنه لم يوف كافنديش حقه كما يجب عندما نشر نتائجه لأول مرة. ولكن الشيء المهم أن لافوازييه وليس كافنديش، هو أول من عرف أن الماء مركب؛ مادة مؤلفة من اتحاد «هواء قابل للاشتعال» وأكسجين بالطريقة نفسها التي يتألف فيها «الهواء الثابت» من اتحاد كربون وأكسجين.

أول جدول للعناصر:

لافوازييه يعيد تسمية العناصر، وينشر عناصر الكيمياء

قدم لافوازييه موجزا لجهوده في حياته لدراسة الكيمياء في كتابه «مبادئ الكيمياء» Traite Elementaire de Chimie والذي نشره في العام 1789، في سنة الهجوم على سجن الباستيل. وثمة ترجمات كثيرة وطبعات جديدة للكتاب الذي أرسى قواعد للكيمياء كمبحث علمي أصيل، وينظر الكيميائيون إليه أحيانا باعتباره بالنسبة إلى الكيمياء مكافئا لكتاب نيوتن بالنسبة إلى

الفيزيــاء. يقدم الكتاب عروضا تفصيلية لتقنيــات الكيمياء، ومن بينها أنواع الأجهزة المســتخدمة وأنواع التجارب التي أجريت، وقــدم لافوازييه مع هذا أوضح تعريف حتى الآن لما نعنيه بعبارة عنصر كيميائي، ووضع أخيرا موضع التطبيق رؤية روبرت بويل التي ترجع إلى ستينيات القرن السابع عشر، وأودع أخيرا «العناصر الأربعة» عند قدامى الأغريق في مزبلة التاريخ، وعرض أيضا أول جدول للعناصر، الذي نعترف، وإن كان ناقصا جدا، بأنه الأســاس الذي انبنى عليه وتطور جدول العناصر الحديث (*). وأثبت بوضوح تام قانون بقاء الكتلة، وتخلص من أسماء قديمة (مثل الهواء المضاف إليه فلوجستون والهواء القابل للاشتعال وحمض الكبريتيك أو زيت الزاج) وأبدلها بأسماء مبنية على أســاس منظومة منطقية لوضع الأشــياء (مثل أكسجين، هيدروجين، حمض الكبريتيك)، وقدم بذلك وســيلة منطقية لتســمية المركبات مثل النترات. وإذ أضفى على الكيمياء لغة منطقية، فإنه يســر كثيرا مهمة علماء الكيمياء عند محاولة توصيل اكتشافاتهم بعضهم إلى بعض.


TRAITÉ

ÉLÉMENTAIRE

DE CHIMIE.

PREMIERE PARTIE.

De la formation des fluides aériformes & de leur décompofition ; de la combuftion des corps fimples & de la formation des acides.

CHAPITRE PREMIER.

Des combinaifons du calorique & de la formation des fluides élaftiques aériformes.

C'EST un phénomène conftant dans la nature, & dont la généralité a été bien établie par Boerhaave, que lorfqu'on échauffe un corps

Tome I. A

24 – صفحة العنوان لكتاب لافوازييه «مبادئ الكيمياء»، 1789.

(*) ولكــن ثمــة نقطة عمياء واحدة عنــد لافوازييه هنا من بينها «ســعري أو حراري» و«عنصر الحــرارة»، حيــث نجدها في جدوله مع كلمات أخرى مثل أكســجين وهيدروجــين وفحم نباتي وكبريت وذهب ورصاص.

وفــي الحقيقة، إن رائعــة لافوازييه، وإن كان من أهــم الكتب العلمية المنشــورة على الإطلاق، فإنه لا يرقى إلى المســتوى نفســه لرائعة نيوتن، والتــي لا يعادلها شــيء. غير أن إصدارها يمثل علامــة فارقة حين نريد أن نحدد أشــياء من مثل اللحظة التــي عندها تخلصت الكيمياء منذ آخر بقايا الخيمياء، وأصبحت تعرف بالشــكل الســلفي للمبحث العلمي الذي نعرفه اليوم بهذا الاســم. وكان لافوازييه في السادسة والأربعين من العمر وقــت صدور كتابــه العظيم، ويمكن القــول إنه لم يكن ليقدم أي إســهام رئيســي جديد للعلم بعد ذلك، حتى وإن امتد به العمر وعاش في أيام أقل اضطرابا. ولكن مع بدايات تسعينيات القرن الثامن عشر، تفيد التطورات السياســية في فرنسا بأن لافوازييه شغلته أمور بحيث تضاءل لديه الوقت الذي ينذره للعلم أكثر وأكثر.

إعدام لافوازييه

كان لافوازييــه ضالعا في أمور الحكم، وذلك نتيجة شــراء إقطاعية (تضــم قصرا ومزرعة اســتخدمها لعمل تجارب وفق المنهــج العلمي عن الزراعة) في فريشين في مقاطعة أورليان. وعلى الرغم من أنه، من الناحية الاصطلاحية الفنية، يعتبر عضــوا متواضعا من حيث درجة النبالة، فإنه في العــام 1787 (وكأن صفحته لم تمتلئ بعد بمــا يكفي) اُنتخب عضوا فــي الجمعية المحلية لمقاطعــة أورليان، ممثلا للطبقــة الثالثة (الطبقتان الأخريان هي طبقة رجال الدين وطبقة النبلاء). ويمكن وصفه بلغتنا الآن بأنه ليبرالي وإصلاحي حــاول من دون جدوى تحقيق نظام التزام لجباية الضرائب فــي المقاطعة يكون أكثــر إنصافا. وفي مايــو 1789 كتب إلى زملائــه في الجمعية المحلية للمقاطعة «إن الظلــم في جباية الضرائب لا يمكن تحمله إلا إذا كان على حساب الأثرياء».

وطبيعــي أن أفكار لافوازييه جاءت متلائمة جــدا مع المرحلة الأولى من تطور الثورة الفرنســية، استنادا إلى أغلبية ديموقراطية تبدو خاضعة لســلطان الجمعية العامة، بينما الملك محصور على الجانب الآخر. وعلى الرغم من أن لافوازييه استمر في خدمة الحكومة فيما يتعلق بلجنة البارود

وفي أمور أخرى فإنه أصبح موضع ريبة غير مبررة تفيد بأن اللجنة تزداد ثراء على حساب جمهور العامة - وواقع الأمر أنه بفضل الإصلاحات التي اتخذتها اللجنة أساسا أن أصبح لدى فرنسا ما يكفي من بارود جيد النوعية لكي تخوض الحروب النابليونية. ولكن الشيء الأكثر جدية وخطرا (ومبررا أكثر) أنه بات موصوما بما لحقه من كراهية واسعة النطاق ضد الملتزمين بجباية الضرائب. وعلى الرغم من كل هذه المشكلات، واصل لافوازييه العمل بجد ودأب لمصلحة الحكومة، حتى مع تغير طبيعة الحكم. وأدى دورا مهما من أجل تخطيط إصلاح نظام التعليم الفرنسي، كما كان عضوا في اللجنة المعينة في العام 1790، التي طبقت (عمليا) النظام المتري. ولكن لم يفده أي من هذا كله عندما قرر بعض عناصر إدارة اليعاقبة أن يقدموا للجمهور مثالا للملتزمين السابقين. وهكذا كان لافوازييه واحدا من بين 28 ملتزما (بعضهم أمين وبعضهم فاسد) وأُعدموا على المقصلة في 8 مايو 1794. وجاء دوره الرابع في عملية الإعدام في ذلك اليوم، بينما جاء حموه جاك بولز الثالث. وبينما تجري عملية الإعدامات، كان بريستلي في طريقه عبر البحر إلى منفاه في أمريكا. وكانت هذه الفترة في الحقيقة نهاية لحقبة في تاريخ الكيمياء.



8

العلم المستنير..
ب: التقدم على جميع الجبهات

«نحن لا نجد أثرا لبداية..
ولا توقعا لنهاية»

جيمس هاتون

روايات كثيرة عن تاريخ العلم تصف القرن الثامن عشر بأنه فترة لم تشهد جديدا، غير التقدم الجذري في علم الكيمياء الذي فرغنا توا من عرضه. وترى بعض هذه الروايات أنها كانت فترة انقطاع عاشت في ظل نيوتن كمعلم زمني إلى حين حدوث مظاهر التقدم الكبرى المميزة للقرن التاسع عشر. بيد أن هذا تفسير يتصف بالعمومية الشديدة والبعد عن خصائص المرحلة. إذ حقيقة الأمر أن التقدم في العلوم الفيزيائية على مدى القرن الثامن عشر تقدم على نطاق عريض - نعم لم يكن من بين إنجازات الفيزياء اختراق عظيم واحد يصل إلى مرتبة إنجازات نيوتن، ولكنه اشتمل على

حشــد من إنجازات أدنى مســتوى هي بمنزلة دروس نيوتنية - بأن العالم يمكن فهمه ويمكن تفســيره وفق قوانين فيزيائية بسيطة - وهي الدروس التي اســتوعبت وطُبقت. وفي الحقيقة اســتوعبت الــدروس على نطاق واســع بحيث إننا من الآن فصاعدا لن يتيســر لنا الخــوض في مثل هذا القدر من تفاصيل الســير الذاتية، فيما عدا اســتثناءات قليلة مهمة، عن العلماء أنفســهم (*). وليس السبب أنهم أصبحوا بحكم طبيعتهم أقل إثارة للاهتمام في الأزمنة الأقرب إلينا، ولكن الســبب ببساطة أنه أصبح يوجد منهم الكثيرون ولدينا الكثير مما يتعين عرضه. إذ بعد وفاة نيوتن أصبحت قصة العلم ذاته، وليس الأفراد الذين أسهموا في صوغ القصة، أشد تعقدا أكثر فأكثر، بحيث يكاد يستحيل على المرء أن يمايز بين الراقص والرقصة. وتجلى هذا بداية في العلوم الفيزيائية ثم في المباحث العلمية الأخرى.

والمعروف أن مصطلح «الفيزياء» بدأ اســتخدامه خلال العقد التالي لوفاة نيوتــن، بدلا من مصطلح «الفلســفة الطبيعية»، وذلــك لوصف هذا النوع من البحــث في العالم. وإذا شــئنا الدقــة، نقول إن هــذا كان بمنزلة بعث جديد لاســتخدام اصطلاحي قديم، نظرا إلى أن أرســطوا اســتخدم الكلمة، وربما يعود تاريخها إلى ما قبل ذلك، ولكن العودة إلى استخدامها يمثل معلما لبداية ما نعنيه اليوم بمصطلح «الفيزياء»، ونجد من بين أول الكتب التي اســتخدمت المصطلــح بمعناه الحديث كتاب «مقال عن الفيزياء» Essai de Physique، تأليف بيتر فان موشــينبروك (1692 - 1761)، والمنشــور في العام 1737. وبدأ علماء الفيزياء خلال هذا العقد نفسه في إحكام فهمهم لظاهرة الكهرباء الغامضة. وجدير بالذكر أن موشــينبروك نفســه الذي عمــل في ليدن ابتكر فيمــا بعد (في منتصف أربعينيات القرن الثامن عشــر) جهازا يمكنه اختزان كميــات ضخمة من الكهرباء. وهذا الجهاز عبارة عن وعاء زجاجي (مرطبان) مغلــف من الداخل ومن الخارج بمادة معدنية - شــكل قديم لما نســميه اليوم مكثف. وجرت تسمية هذا الجهاز باسم مرطبان ليدن، ويمكن شحنه واختزان الكهرباء فيه لاستخدامها في تجارب تالية، وإذا تم توصيل العديد منها بعضها ببعض عن طريق سلك، فإنها تنتج شحنة ضخمة، يمكن تفريغها.

(*) انظر على سبيل المثال الفصل التاسع.



25 – عرض تجريبي للبرهنة على طريقة مرور السيال الكهربي من خلال الناس الأحياء والجثامين – من كتاب «تجارب وملاحظات واتسون» 1748

دراسة الكهرباء:

ستيفن غراي، تشارلز دوفاي، بنجامين فرانكلين، تشارلز كولومب

ولكن الخطـوات الأولى لفهم الكهرباء الاسـتاتيكية لم تتم عن طريق الاستعانة بمرطبانات ليدن. نشر ستيفن غراي، وهو عالم تجريبي إنجليزي (مولود سنة 1670؛ وتوفي 1736) سلسلة من أوراق البحث في: «محاضر الجلسـات الفلسفية»، وعرض في هذه الأبحاث كيف أن سدادة من الفلين عند طرف أنبوب زجاجي اكتسـبت خصائص كهربية (أصبحت مشحونة، كمـا نقول نحـن اليوم) على إثر حك الزجـاج (*)، وكيف أن عصا صنوبر ملصقة في السـدادة يمكن أن تحمل التأثير الكهربي مباشـرة إلى طرف العصا؛ وكيف يمكن أن يمتد التأثير ليصل إلى مسافات بعيدة عبر خيوط دقيقـة. واعتاد غراي ومعاصروه أن يولدوا مـا يحتاجون إليه من كهرباء وفي أي وقت يريدون عن طريق الاحتكاك من ماكينات بسيطة في داخلها كـرة من الكبريت تدور حال حكها (أخيـرا، تم إبدال كرة الكبريت بكرات

(*) هذه الطريقة في «صنع» كهرباء إسـتاتيكية عن طريق الاحتكاك هي السـبب في أن بالونة الطفل إذا حكها بسـترة صوفية يمكن أن تلتصق بسقف الحجرة، وهي السبب في أن شعر المرء يتكهرب عند استخدام فرشاة الشعر.

زجاجية أو أسطوانات. واكتشف الفرنسي تشارلز دو فاي (1698 - 1739)، متأثرا جزئيا بأعمال غراي وجود، نوعين من الكهرباء، وذلك في منتصف ثلاثينيات القرن الثامن عشر. وهذان النوعان هما ما نسميهما اليوم شحنة موجبة وشحنة سالبة. واكتشف أيضا أن الأنواع المتماثلة تتنافر بعضها مع بعض، بينما الأنواع المتعارضة تتجاذب. وأثبتت أعمال غراي ودو فاي أيضا أهمية المادة العازلة لمنع تسرب الكهرباء إلى خارج المواد المشحونة، كما أوضحت أن أي شيء يمكن شحنه بالكهرباء إذا تم عزله - وأكثر من هذا أن دو فاي كهرب إنسانا معلقا بحبال حرير عازلة واستطاع إطلاق شرارات من جسم هذا المرء. وتوصل دو فاي من خلال نتائج عمله إلى نموذج للكهرباء وصفه في ضوء سيالين مختلفين.

ولكن هذا النموذج دحضه نموذج استحدثه بنجامين فرانكلين (1706 - 1790)، الذي اتسع نطاق اهتمامه بالكهرباء ليتجاوز تجربة الطائرة الورقية المشهورة والمحفوفة بالأخطار (التي تصادف إنجازها العام 1759 لشحن مرطبان ليدن ومن ثم لإثبات الصلة بين البرق والكهرباء). وعلى الرغم من اهتمامات فرانكلين الواسعة وأنشطته المتعددة، فإنه توافر لديه الوقت منذ منتصف أربعينيات القرن الثامن عشر إلى مطلع خمسينيات القرن ليجري عددا من التجارب المهمة (مستخدما مرطبانات ليدن المخترعة حديثا)، وقادته تجاربه إلى ابتكار نموذج الكهرباء أحادية السيال، والمبني على أساس فكرة حدوث انتقال فيزيقي للتيار المفرد حال أن يصبح الجسم مشحونا كهربيا، إذ يترك أحد سطحيه به شحنة «سالبة» والسطح الآخر به شحنة «موجبة» (وهو الذي أدخل المصطلحين). وقاده هذا بشكل طبيعي إلى فكرة بقاء الشحنة - هناك دائما الكمية نفسها من الكهرباء ولكن يمكن نقلها هنا وهناك، وأن جماع كمية الشحنة السالبة لا بد أن يوازن كمية الشحنة الموجبة. وبين فرانكلين كذلك أن الكهرباء يمكن أن تمغنط وتزيل مغنطة الإبر الحديدية، مما يذكرنا بأعمال أنجزها قبل ذلك بقليل جون ميشيل (1724 - 1793)، صديق هنري كافنديش الذي وضع تصميم «تجربة كافنديش». وبحلول العام 1750، اكتشف ميشيل أيضا أن قوة التنافر بين قطبين مغناطيسيين متماثلين تخضع لقانون التربيع العكسي، ونشر كل هذه النتائج في تلك السنة في كتابه «رسالة عن المغناطيسات الاصطناعية» A Treatise on Artificial Magnets،

ولكــن لم يلتفــت إليها أحد، مثلما لــم يبد أحد اهتماما كبيرا بالإســهامات المختلفــة التي قدمهــا فرانكلين وبريســتلي وكافنديش مــن أجل تحديد أن القــوة الكهربية تخضع لقانون التربيع العكســي. ولكــن بمجرد أن حل العام 1780 أجرى تشــارلز كولومب (1739 - 1806) تجارب حاسمة استنادا إلى جهود بريســتلي على كل من القوى الكهربية والمغناطيسية، مستخدما الميزان الالتوائي لقياس مجــالات القوة. وهكذا قدم البرهان الذي أقنع الجميع بأن القوتــين كلتيهما تخضعان لقانون التربيع العكســي. ولهذا أصبح معروفا في التاريخ باسم قانون كولومب.

وأعــود لأقول إن هذه الأمثلــة تؤكد التداخل والتأثيــر المتبادل بين العلم والتكنولوجيا. وإن دراســة الكهرباء لم تبدأ تتخذ قوة دفع إلا بعد أن توافرت الماكينات القادرة على صنع الكهرباء، ومن ثم تطورت الأجهزة اللازمة لتخزين الكهربــاء. كذلــك فإن قانون التربيع العكســي ذاته لم يتطــور إلا من خلال مســاعدة الميزان الالتوائي لقيــاس مجالات القوة. ولكــن أضخم الفتوحات التكنولوجية في القرن الثامن عشــر في مجال دراســة الكهرباء تحققت مع نهايــة القرن، وبذا مهــدت الطريق لأعمال كل من مايــكل فاراداي وجيمس كلارك ماكســويل في القرن التاســع عشــر. وتمثل هذا الإنجاز الضخم في اختراع البطارية الكهربائية، الذي جاء وليد اكتشاف علمي عرضي.



26 - تجارب لويجي غالفاني على الكهرباء وأرجل الضفادع. من
De Viribies Electricitatesim, Motu Mascalari, 1791.

لويجي غالفاني، أليساندرو فولتا واختراع البطارية الكهربائية

صاحب هذا الاكتشاف هو لويجي غالفاني (1737 - 1798)، المحاضر في التشريح وأستاذ أمراض النساء بجامعة بولونيا. أجرى غلفاني سلسلة طويلة من التجارب على كهربة الحيوان، والتي وصفها في ورقة بحث منشورة العام 1791. وحكى فيها كيف اهتم لأول مرة بالموضوع بعد أن لحظ حركة تشنجية في عضلة ضفدع ممدد على طاولة التشريح مع وجود ماكينة كهربائية. وأوضح غالفاني أن بالإمكان استثارة الحركة التشنجية عن طريق توصيل عضلات الضفدع الميت مباشرة بمثل هذه الماكينة، أو إذا كان الضفدع مسجى على سطح معدني أثناء عاصفة رعدية. ولكن ملاحظته الرئيسية تحققت عندما رأى أن أرجل الضفدع المعلقة لتجف تشنجت عندما كان المشجب النحاسي المعلق عليه الضفدع ملامسا لسور حديدي. كرر هذه التجربة مرات في الداخل، حيث لا يوجد مصدر خارجي للكهرباء من حوله، واستنتج أن الحركات التشنجية حدثت بسبب كهرباء مختزنة أو مصنوعة داخل عضلات الضفدع.

لم يتفق معه الجميع في الرأي. ونذكر بخاصة اليساندرو فولتا (1745 - 1827)، أستاذ الفيزياء التجريبية بجامعة بافيا في لومباردي. إذ دفع فولتا في أوراق بحث له منشورة عامي 1792 و1793 بأن الكهرباء هي المنبه لانقباض العضلات، ولكن هذا حدث من مصدر خارجي - وهو في هذه الحالة التفاعل بين معدنين (النحاس والحديد) حين تماسا. وتمثلت الصعوبة في البرهنة على صحة ذلك. ولكن فولتا عالم تجريبي من الطراز الأول سبق له أن قدم دراسات مهمة عن الكهرباء (من بينها وضع تصميم لمولد كهربائي استاتيكي أفضل من غيره لتوليد كهرباء استاتيكية وجهاز لقياس الشحنة الكهربائية)، واشتغل أيضا على الغازات وقياس كمية الأكسجين في الهواء عن طريق تفجيره بالهيدروجين. ومن ثم فإنه عالم قدير أهل للتصدي إزاء هذا التحدي.

اختبر فولتا أولا أفكاره بأن وضع أزواجا مختلفة من المعادن في اتصال مباشر بينها، ولمسها بلسانه مما أثبت حساسية لتيارات كهربية ضئيلة جدا، بحيث لا يمكن أن تسجلها أي من الآلات المتاحة وقتها. وواصل إجراء

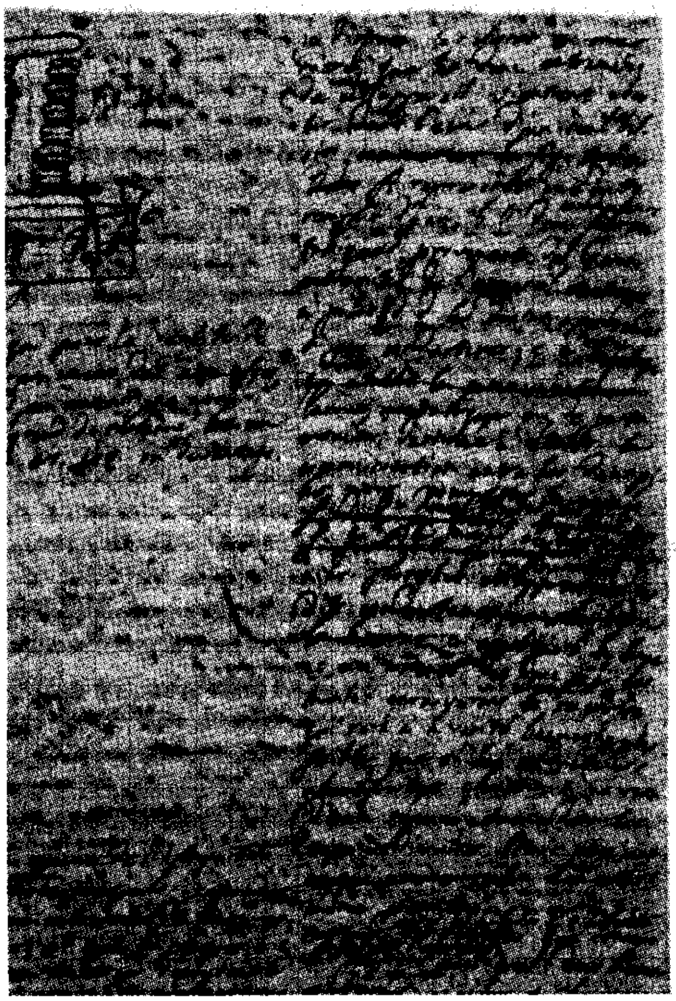
هذه التجارب في محاولة لاكتشاف طريقة لتضخيم التأثير الذي بوسعه أن يحسه بلسانه، ولكي يصبح شيئا أقوى تأثيرا. وبينما هو عاكف على عمله هذا، وقعت انتفاضات سياسية امتد تأثيرها إلى لومباردي نتيجة للثورة الفرنسية ثم ما أعقبها من نزاع بين فرنسا والنمسا للهيمنة على المنطقة. ولكن مع حلول العام 1799 توصل فولتا إلى اختراع الجهاز الذي سيحقق الأعاجيب. ووصفه في رسالة له إلى جوزيف بانكس، الذي كان يرأس وقتذاك الجمعية الملكية، وقرأ رسالته هذه أمام اجتماع الجمعية في العام 1800.

تمثل ابتكاره العبقري في كومة من أقراص الفضة والزنك في وضع متبادل بين بعضها والبعض، ويفصل بينها أقراص من ورق مقوى مغموس في ماء ملحي. وهذا هو ما يعرف باسم عمود فولطائي، ويعتبر السلف الأول للبطارية الحديثة، وأنتج سيالا من تيار كهربي عند وصل قمة وقاع الكومة بسلك. وتولد عن البطارية لأول مرة سيال شبه ثابت من التيار الكهربي، على عكس مرطبان ليدن الذي كان جهازا يفرغ شحنته المختزنة من الكهرباء في اتجاه واحد مرة واحدة. وجدير بالذكر أنه قبل ابتكار فولتا، انحصرت دراسة الكهرباء أساسا في نطاق بحث الكهرباء الاستاتيكية، وبعد العام 1800 استطاع علماء الفيزياء العمل بواسطة تيارات كهربائية، والتي يمكنهم تشغيلها أو إيقافها حسب إرادتهم. ويستطيعون كذلك تقوية التيار بإضافة المزيد من الأقراص المرصوصة، أو خفض التيار بإنقاص عدد الأقراص. واكتشف على الفور باحثون آخرون أن التيار الكهربي المتولد عن مثل هذه الرصيصة من الأقراص يمكن استخدامه لتحليل الماء إلى هيدروجين وأكسجين. وهذه أول بادرة تعبر عن مدى قوة هذا الابتكار، كأداة للعلم مستقبلا. ونحن وإن كنا سنضطر إلى الانتظار حتى نصل إلى الفصل الحادي عشر لنتابع دلالات هذا الابتكار فإننا نقول إن أهمية العمل الذي أنجزه فولتا واضحة بجلاء وليست بحاجة إلى دليل. وجدير بالذكر أنه بعد أن تهيأت لفرنسا السيطرة على سهل لومباردي في العام 1800 منح نابليون فولتا لقب كونت.

وإذا كان الأمر احتاج بعض الوقت حتى يتسنى لعلماء الفيزياء فهم الكهرباء، فإن الكثير من أفكارهم في القرن الثامن عشر تبدو، على نحو مثير للدهشة، أفكارا حديثة، حتى وإن لم تكن دائما أفكارا متطورة تماما أو محل تقدير واسع النطاق في وقتها. مثال ذلك أنه منذ مطلع العام 1738 نشر عالم الرياضيات الهولندي المولد دانييل بيرنولّي (1700 - 1782) كتابا عن الديناميكا المائية وصف فيه سلوك السوائل والغازات في ضوء تأثير الذرات على جدران حاوياتها - دراسة تشبه كثيرا جدا النظرية الحركية للغازات التي تطورت بصورة أكثر اكتمالا في القرن التاسع عشر، وتمثل هذه تطويرا لأفكار نيوتن عن قوانين الحركة، وانتشرت مثل هذه الأفكار على نطاق جغرافي. إذ في العام 1743 وبعد صدور الكتاب العظيم تأليف بيرنولي بخمس سنوات، نجد بنجامين فرانكلين من بين المنارات الكاشفة التي أسست الجمعية الفلسفية الأمريكية، في فيلادلفيا - أول جمعية علمية فيما يعرف الآن باسم الولايات المتحدة الأمريكية، وهي البذرة الصغيرة لما سوف يصبح في المستقبل تعبيرا عن الازدهار العظيم للعلم خلال النصف الثاني من القرن العشرين.

بيير - لوي دو موبيرتوي: مبدأ الفعل الأقل

إن واحدة من أهم الاستبصارات في كل العلم، والتي لم تتكشف قيمتها الحقيقية إلا في ريعان القرن العشرين، هي تلك التي صاغها بيير - لوي دو موبيرتوي (1698 - 1759) بعد عام واحد فقط، أي العام 1744. كان دو موبيرتري جنديا قبل أن يتحول إلى العلم؛ واشتهرت فكرته الرئيسية الأهم بأنها مبدأ الفعل الأقل. وكلمة «الفعل» Action هي الاسم الذي أطلقه علماء الفيزياء للإشارة إلى خاصية تميز جسما ما وتقاس على أساس الوضع المتغير لشيء ما وكمية التحرك أو الزخم (أي أنها ترتبط بكتلة جسيم ما وسرعته والمسافة التي قطعها). ويقضي مبدأ الفعل الأقل بأن الطبيعة تعمل دائما على الاحتفاظ بهذه الكمية عند حدها الأدنى (أو بعبارة أخرى أن الطبيعة كسولة). وتبين بعد ذلك أن هذا المبدأ مهم إلى أقصى حد في ميكانيكا الكوانتم ولكن أبسط مثال لمبدأ الفعل الأقل في التطبيق هو أن الضوء ينطلق دائما في خطوط مستقيمة.



27 - رسالة فولتا إلى الجمعية الملكية 1800

ليونارت أويلر:

الوصف الرياضي لانكسار الضوء

حيـث إننا نتحدث عن الضوء فإننا نذكر هنا ليونارت أويلر (1707 - 1783)، وهو سويسـري ويعتبر أغزر علمـاء الرياضيات إنتاجا في عصره، وهو أيضا الرجل الذي أدخل استعمال حرفي e، i في سياقهما الرياضي الحديث، وقدم في العام 1746 وصفا رياضيا لانكسار الضوء بأن افترض (اقتداء بفكر هايغنز) أن الضوء موجة، وأن كل لون له طول موجة مختلفة؛ ولكن هذا النموذج المناهض للرؤية النيوتنية لم يؤخذ به آنذاك (*). وتضاءل نموذج الموجة نظرا لما كان يتمتع به نيوتن من رهبة؛

(*) نذكر بهذه المناسـبة أن أويلر كف بصره نتيجة طول النظر إلى الشمس، تماما كما تحذر كل كتب الفلك الشعبية، والتحذير مؤسس على واقع.

بينما تضاءلت أفكار أخرى لأنها صدرت عن علماء مغمورين في أصقاع نائية من العالم. وأصدق مثال على ذلك مثال فاسيليفتش لومونوسوف (1711 - 1765)، وهو عالم روسي متعدد الثقافات وطور أفكار نيوتن عن الذرات، وتوصل إلى نظرية حركية تماثل نظرية بيرنولّي. وصاغ خلال العام 1748 قوانين بقاء الكتلة والطاقة، بيد أن أعماله ظلت غير معروفة واقعيا خارج روسيا حتى زمن طويل بعد وفاته.

توماس رايت: تأملات عن درب التبانة

اكتشافات وليام وكارولين هيرشيل - جون ميشيل

ظهرت أيضا أفكار سابقة لزمانها في علم الفلك. ونذكر هنا توماس رايت، عالم الفلك لما له من دور مهم (1711 - 1786) حيث نشر (عام 1750) كتابه «نظرية أصيلة وفرض جديد عن الكون An Original Theory and new hypothesis of the Universe»، وشرح فيه ظهور درب التبانة بأن ذهب إلى أن الشمس جزء من قرص مؤلف من نجوم يشبه عجلة الطاحونة. وكان عمل رايت اليومي مساحا وهو الشيء نفسه الذي خلق صلة بينه وبين تشارلز وهنري كافنديش. وفي العام 1781، اكتشف وليام (1738 - 1822) وكارولين (1750 - 1848) وهيرشيل الكوكب أورانوس، وكان حدثا مثيرا في وقتها، لأنه أول كوكب لم يكن معروفا للقدماء، لكنه لم يلمح إلا قليلا إلى اكتشافات محتملة تتجاوز الحدود القديمة المعروفة للمجموعة الشمسية. ونعرف الآن عن يقين أن جون ميشيل (1724 - 1793)، صديق هنري كافنديش، كان أول شخص يتوصل إلى فكرة ما نعرفه الآن باسم الثقوب السوداء، وعرض فكرته هذه في ورقة بحث مقدمة إلى الجمعية الملكية باسم ميشيل وقدمها باسمه إلى الجمعية هنري كافنديش العام 1783(*). وبنى ميشيل فكرته ببساطة على حقيقة (مؤكدة آنذاك) أن لاضوء له سرعة متناهية وفهمنا أن الجسم

(*) ميشيل، أقرب إلى عالم رياضيات متعدد الثقافات، صنع لنفسه اسما لأول مرة بفضل دراسته عن الزلزال الضخم الذي ضرب لشبونة في العام 1755، وأوضح أن الاضطراب ناشئ أصلا تحت القشرة الأرضية وفي موقع في أعماق المحيط الأطلسي، وأكد أن الزلازل لا علاقة لها باضطرابات الغلاف الجوي كما كان الظن السائد سابقا. ولعله كان في وسعه أن يحقق الكثير من الإنجازات العلمية، بيد أنه في العام 1764 تخلى عن منصبه أستاذا للجيولوجيا في كيمبريدج وعمل راعيا في ابراشية في ثورنهيل في يوركشاير.

كلما عظمت كتلته كانت الحركة الأســرع ألزم للتحرر من قبضة جاذبيته. وكم هو جدير بنا أن نقتبس عبارات من هذا البحث، ولو من باب التســرية، فقط عند تخيل هنري كافنديش الخجول دائما يقرأ بصوت عال ورقة البحث أمام حشد المستمعين داخل الجمعية الملكية:

> إذا كان بالإمكان أن توجد في الطبيعة أي أجرام كثافتها ليســت أقل من كثافة الشــمس، وأقطارهــا أكثر من 500 ضعف قطر الشــمس، ويتعذر وصول ضوئها إلينا... يمكن ألا تتوافر لدينا معلومات عنها عن طريق الإبصار؛ غير أنه، إذا كانــت تدور حولها أي أجــرام أخرى مضيئة، فقد يكون بالإمكان أن نستنتج من حركات هذه الأجرام الدوارة وجود الأجرام المركزية.

وهــذه في الحقيقة هي الطريقة التي اســتنتج بها علماء الفلك وجود الثقوب السوداء اليوم - عن طريق دراسة حركة مادة ساطعة في فلك حول ثقب أسود.

وكم هو مثير للدهشــة أن شــخصا بنفســه توصل إلــى فكرة الثقوب الســوداء (التى اعتدنا التفكير بشــأنها كمثال جوهري معبر عن أســلوب صوغ النظريات في القرن العشرين) قبل نهاية القرن الثامن عشر - ولعل ما هو أكثر إثارة للدهشة أن شخصا آخر توصل مستقلا إلى الفكرة ذاتها قبل رحيل القرن. وهذا الشــخص هو بيير ســيمون لابلاس، وحري بنا أن نتمهل الخطو هنا ونحن نروي قصتنا حتى نســتوعب وضعية الفيزياء مع نهاية القرن الثامن عشر، وسبيلنا إلى هذا أن نلقي نظرة متأنية إلى عمل رجل يشار إليه أحيانا بعبارة «نيوتن الفرنسي».

بيير سيمون لابلاس

«نيوتن الفرنسي»؛ معرضة

ولد لابلاس يوم 28 مارس 1749 في بومونت - أن - أوغ قرب كون في مقاطعة كالفادوس، إحدى مقاطعات نورماندي. لا نعرف غير النزر اليسير عن حياته الباكــرة - والحقيقة أن القليل أيضا هو المعروف لنا عن حياته

الخاصة. وتشير بعض الروايات إلى أنه سليل أسرة زراعية فقيرة، ولكن وإن كان أبواه ليس من الأثرياء، فإن حياتهم كانت يقينا ميسورة. واشتغل أبوه، واسمه بيير أيضا، في مشروع تجارة عصائر الفاكهة فإن يكن على نطاق واسع. وعمل أبوه أيضا في وظيفة قاض محلي مما يعطينا مؤشرا واضحا عن مكانته في مجتمعه. وأمه، ماري - آن، سليلة أسرة مزارعين أثرياء في تورجفيل. ومثلما سمي لابلاس على اسم أبيه، كذلك سميت أخته الشقيقة المولودة العام 1745 على اسم أمها ماري - آن. التحق لابلاس بمدرسة نهارية في كلية محلية خاضعة لإدارة أصحاب المذهب البنيديكتي، بما يعني أن نية الأب إعداده لعمل كنسي. ودرس من 1766 وحتى 1768 في جامعة كون، ويبدو أنه تم اكتشاف موهبته في الرياضيات خلال هذه الفترة. وساهم في دعم نفسه في الكلية من خلال العمل مدرسا خاصا، وثمة شواهد أخرى على أنه اشتغل لفترة قصيرة بصفته هذه لدى الماركيز دو هيريكي، الذي له دور مهم في حياة جورج كوفييه. وغادر لابلاس كون دون الحصول على درجة علمية، وسافر إلى باريس ومعه رسالة توصية من أحد أساتذته يزكيه لدى جان دلامبرت (1717 - 1783)، وهو واحد من أرفع علماء الرياضيات مستوى في فرنسا وقتذاك، وعضو رفيع المستوى في الأكاديمية. وأثارت قدرات الفتى اهتمام دلامبرت حتى إنه أوجد له وظيفة لدى أستاذ الرياضيات صاحب اللقب الأسمى لدى المدرسة العسكرية، والذي تألف عمله في محاولة أن يرسخ في الأذهان أسس المادة الدراسية لدى طلاب المدرسة العسكرية غير المتحمسين. واستقر في وظيفته هذه من العام 1769 إلى العام 1776، وصنع لنفسه شهرة بفضل سلسلة من أوراق البحث في الرياضيات (ولن نخوض في التفاصيل كما نحن دائما بالنسبة إلى الرياضيات)، وتم انتخابه عضوا في الأكاديمية العام 1773.

كان لابلاس معنيا بوجه خاص بمسألة الاحتمالية، وقاده هذا الاهتمام الرياضي إلى بحث مشكلات تتعلق بالمجموعة الشمسية، مثل الطبيعة الدقيقة لأفلاك الكواكب والقمر حول الأرض. ترى هل ظهرت بالصدفة؟ أم لا بد أن هناك سببا فيزيقيا يفسر الخواص المميزة لها؟ وناقش

لابلاس العـــام 1776 مثالا يتعلق بطبيعة وأفـــلاك النجوم المذنبة، إذ إن جميع الكواكب تتحرك حول الشـــمس في اتجاه واحد وعلى مستوى واحد (مســـتوى دائرة البروج). وهذا مؤشر قوي (سوف نتبين حالا سبب قوته) يدل على أنها جميعا تشكلت بناء على عملية فيزيائية واحدة. ولكن النجوم المذنبة تدور حول الشـــمس في جميع الاتجاهات وعلى جميع الزوايا (إذا حكمنا على أقل تقدير في ضوء عشـــرات النجوم المذنبة القليلة المعروفة مداراتهـــا وقتذاك). معنى هذا أن لها أصلا آخر نشـــأت عنه، وهذه هي النتيجة التي ســـبق أن توصل إليهـــا علماء الرياضيات قبل لابلاس، ولكن لابلاس كعالم رياضيات لم يكن معنيا أساســـا بالنتيجة بل كيفية التوصل إليهـــا، وقام بعمليات تحليليـــة أكثر تقدما وتعقـــدا أوضحت من الناحية الاحتماليـــة أنه من غير المحتمل جدا وجود قـــوة ما تجعل النجوم المذنبة تتحرك على مســـتوى فلك البروج. وتأمـــل لابلاس لأول مرة في منتصف ســـبعينيات القرن الثامن عشر مدارات المشتري وزحل (*). وأوضح هذان المـــداران حدوث تحول طفيف طويل المدى، ممـــا لا يتطابق على ما يبدو مع تنبؤات نظرية نيوتن عن الجاذبية، وســـبق أن اقترح نيوتن نفســـه أنه بعد زمن طويل جدا (بضع مئات من السنين على الأقل) قد يكون مطلوبا تدخـــل إلهي لإعادة الكواكب مـــرة أخرى إلى مداراتهـــا الصحيحة ومنع تحطم المجموعة الشمســـية. ولكن أول طعنة وجهها لابلاس بشـــأن هذا اللغز لم تجد جوابا، وعاد ثانية إلى المشـــكلة في ثمانينيات القرن الثامن عشـــر، وأوضح ببرهان قاطع أن هذه التغيرات المئوية متناهية البطء، كما كانت تســـمى وقتذاك، يمكن تفسيرها في إطار نظرية نيوتن، وأن سببها الاضطرابـــات الناجمة عن تأثير الكوكبين أحدهما في الآخر. وتتبع هذه التغيرات دورة مدتها 929 سنة، مما يعيد كل شيء بعدها إلى ما كان عليه وقت البداية. معنى هذا أن المجموعة الشمســـية مستقرة في نهاية الأمر (على أطول مدى زمني).

(*) الذي أثار اهتمام لابلاس بشـــأن هذا الأمر وغيره من مناسبات كثيرة هو مناقشته للمشكلة مـــع جوزيف لاغرانج (1736 - 1813)، وهو عالم رياضيات له دراســـاته عن النظرية الجمعية واســـتحداث دالة رياضية (The Lagrangian) التي تميز مســـار جســـيم، وهو مـــا ثبتت أهميته العظمى لفزيائيي القرن العشرين.

ودرس لابلاس أيضا نظرية المد والجزر، موضحا السبب في أن تياري المد والجزر يبلغان يوميا الارتفاع نفسه تقريبا (وتنبأت حسابات أكثر سذاجة أن المد المرتفع يكون أعلى من الآخر)، وطور أفكاره عن الاحتمالية لمعالجة مشكلات عملية من مثل تقدير إجمالي سكان فرنسا تأسيسا على عينة من إحصاءات المواليد، واشترك مع لافوازييه كما سبق أن رأينا في دراسة الحرارة (وقد كان لافوازييه يكبره بست سنوات فضلا عن أنه كان في أوج شهرته). وتكشف جهودهما المشتركة هنا عن بصيرة نافذة بالنسبة إلى واقع حال العلم في ثمانينيات القرن الثامن عشر. إذ على الرغم من أن لافوازييه ولابلاس، وهما من دون شك من أعظم علماء عصرهما، ناقشا نتائج تجاربهما في ضوء نموذج السيال الحراري القديم عن الحرارة (وسنذكر المزيد عنه بعد قليل) والنظرية الحركية الجديدة، فإنهما تجنبا، من باب الحذر، الاختيار بينهما، بل رأيا أن بالإمكان الإفادة بهما في وقت واحد.

ووجدنا في العام 1788 نافذة ضيقة نطل منها على حياة لابلاس الخاصة. وعرفنا أنه في 15 مايو، وقد أصبح أحد كبار الأعضاء الراسخين في الأكاديمية، تزوج بماري - شارلوت دي كورتي دو روماناج. وأنجبا طفلين: ابن ويدعى تشارلز - إميل، ولد العام 1789، وأصبح جنرالا وتوفي (دون أن ينجب أطفالا) العام 1874؛ وابنة تدعى صوفي - سوزان، ووافتها المنية أثناء وضعها لابنتها (التي عاشت) العام 1813. وجدير بالذكر أنه في وقت قريب من فترة الزواج قدم لابلاس دراسته الحاسمة والنهائية عن حركات الكواكب. وقدم تفسيرا للتغيرات اللامتناهية لمدارات المشتري وزحل، واستطاع بذلك أن يحل لغزا مزمنا عن تغيرات متماثلة تطرأ على مدار القمر حول الأرض، موضحا أنها تحدث نتيجة لتفاعل معقد بين الشمس ومنظومة الأرض - القمر والتأثير التثاقلي - للكواكب الأخرى على مدار الأرض. واستطاع في أبريل 1788 أن يقرر (مستخدما كلمة «العالم» حيث كان الأولى أن يقول «المجموعة الشمسية»):

تتذبذب منظومة العالم فقط حول وضع وسطي
لا تحيد عنه أبدا إلا بقدر بسيط جدا. وبسبب تكوينها

وقانون الجاذبية، تتمتع باستقرار لا يفسده إلا تأثير أسباب خارجية، ونحـــن على يقين من أن نشـــاطها ليس بالإمكان كشفه منذ أقدم عمليات الأرصاد حتى يومنا هذا (*).

وعلـــى الرغم من قلة ما نعرفه عن حياة لابلاس الخاصة، فإننا نعرف بوضوح أنه كان معمرا، وأن أحد أسباب قلة ما نعرفه عنه هو أنه لم ينتقد صراحـــة قط أي حكومة أو تدخل في السياســـة. وامتد به العمر ليعايش نظم حكم مختلفة بعد الثورة الفرنســـية، والتي كانـــت أغلبها تتلهف على الارتباط به باعتباره رمزا لمكانة فرنسا. ولكن ربما واجه لابلاس مخاطرة لمرة واحدة، وذلك خلال عصر الإرهاب، غير أنه عرف اتجاه الرياح فانتقل هو وأســـرته إلى ملون على بعد 50 كيلومترا جنوب شرق باريس. وانحنى للعاصفة إلى أن ســـقط اليعاقبة، ثم اســـتدعته السلطات ثانية إلى باريس للعمل على إعادة تنظيم العلم في ظل حكومة الإدارة.

وســـبق أن عكف لابلاس قبل فترة حكم اليعاقبة على دراسة النظام المتري؛ ولكنه بعد عودته عكف على إصلاح النظام التعليمي في فرنسا لكـــي يتضمن تعليم العلم على أســـاس صحيح، وقـــاده هذا إلى تأليف كتاب عن العلم يعتبر من أكثر الكتب المنشورة تأثيرا، تحت عنوان «شرح منظومـــة العالم» Exposition du systeme du Monde، وصدر الكتاب في مجلدين العام 1796. كذلك فإن مكانة لابلاس وقدرته على الانحناء أمـــام العاصفة هيأته لكي يخدم ضمن الحكومة في عهد نابليون، الذي منحـــه لقب كونت العـــام 1806، ولكنه ظل يعمل لمصلحـــة الملكية بعد عودتهـــا مع لويس الثامن عشـــر، الذي منحه لقـــب ماركيز دو لابلاس فـــي العام 1817. وواصل العمل في مجال الرياضيات وتراكمت ألقاب التمجيـــد عليه طـــوال حياته المديدة (إذ مات فـــي باريس يوم 5 مارس 1824)، وذلـــك فيما يتعلق بتطوير العلم. غير أن كتاب «شـــرح منظومة العالم» يظل أهم إنجازات لابلاس قاطبة، ولايزال إنجازا قيما في يومنا هـــذا، باعتباره عرضـــا موجزا يوضح مكان ومكانـــة الفيزياء في نهاية القرن الثامن عشـــر. وهكذا كان تقدير زمانه له - ونقرأ على الصفحة

(*) الترجمة الإنجليزية عن Gillispie.

البيضاء في صدر نسخة من الكتاب مهداة إلى كلية نيوجيرسي (الآن جامعة برينستون) في العام 1798، كلمة الإهداء التي كتبها المتبرع بنسخة الكتاب إلى الجامعة:

> هذه الرسالة، من حيث الموضوع والنطاق، تجمع (على درجة كبيرة لم يرق إليها أي عمل آخر عرفناه، ويتناول الموضوع نفسه) بين الوضوح والنظام والدقة. تحس معه بالألفة من دون غموض؛ والدقة دون إبهام، وتبدو مادته مستمدة من رصيد ضخم مختزن في عقل المؤلف؛ كما يبين أن مادة الكتاب مشبعة بروح الفلسفة الحقة (*).

وجدير بالذكر أن القاعدة الأساسية لتلك الفلسفة أفصح عنها لابلاس نفسه في كتابه العظيم، ونجد صداها أكثر صدقا اليوم عن أي وقت آخر على مدى القرنين الماضيين.

> إن بساطه الطبيعة لا تقاس ببساطة مفاهيمنا. وإن الطبيعة لا متناهية من حيث تباين آثارها، ولذلك هي بسيطة فقط من حيث أسبابها، ويتمثل اقتصادها في إنتاج عدد كبير جدا من الظواهر، وغالبا ما تكون شديدة التعقد، وتنتجها عن طريق عدد بسيط من القوانين العامة.

ها هنا نسمع صوت تجربة الحياة على لسان الرجل الذي فسر تعقدات المجموعة الشمسية في ضوء قانون الجاذبية البسيط الذي صاغه نيوتن.

وموجز لابلاس للفيزياء يمتد من علم فلك الكواكب، والحركة المدارية والجاذبية مرورا بعلم الميكانيكا وعلم توازن السوائل وضغطها (الهيدروستاتيكا)، ثم يقدم في الختام فكرتين جديدتين (أو هما الأجدد وقتها). إحدى هاتين الفكرتين هي ما نسميها «النظرية السديمية» التي تعرض نشأة المجموعة الشمسية، والتي سبق أن فكر فيها إيمانويل كانت (1724 - 1804). وعلى الرغم من أننا عام 1755، ونحن لا نجد أي دليل على أن لابلاس عرف شيئا عن كتاب كانط الذي كان مجهولا وقتذاك. وهذه هي الفكرة التي تقول إن الكواكب تشكلت من سحابة مادية تحيط

(*) الاقتباس من Gillispie.

بالشـمس الفتية، ثم تقلصت إلى مستوى مسـطح مع تقلص السحابة أو السـديم. وكان المعروف وقتذاك سـبعة كواكب وأربعة عشر تابعا (قمرا) تدور جميعها في مداراتها حول الشـمس في اتجاه واحد. وساد الاعتقاد كذلك أن ثمانيا من هذه المنظومات تدور حول محاورها في الاتجاه نفسـه الـذي تـدور فيه حول الشـمس - مثال ذلك لو أنك تطلعـت إلى القطب الشـمالي للأرض من الأعلـى، ترى الأرض تدور عكس عقارب السـاعة حـول محورها بينما الكوكب يدور عكس عقارب السـاعة في دورانه حول الشمس. ووفق لابلاس المسألة على النحو التالى، حيث إن هناك فرصة 1 من 2 لكل مدار أو دوران حول الذات ليكون «إلى الأمام» بدلا من أن يكون «إلـى الخلف»، فإن مجموع الاحتمالات المعارضة لهذا الحدوث بالمصادفة كانـت $(1 - 1/2)^{29}$، وهـو رقم قريب جدا من 1 بمـا يفيد عن يقين أن هـذه الأجرام قد تكونت معا، وأن النظرية السـديمية، فيما يبدو، هي الطريقة الأفضل للتفسـير. وهذا هو في الحقيقـة النموذج الذي لايزال مفضلا اليوم.

وطبيعـي أن الفكرة الجديـدة الأخرى خاصة برؤيـة لابلاس عن الثقوب السوداء. والشيء المثير للفضول أن هذا النقاش (الذي سار في اتجـاه مماثل للنقاش الذي أجراه ميشـيل، وإن كان موجزا جدا) ظهر فقط في الطبعة الأولى من كتاب «الشرح»؛ وليس لدينا أي بيان يوضح لمـاذا حذفه لابلاس مـن الطبعات التالية. وأوضحـت صيغته للفرض الخاص بالنجوم السوداء أن أي جرم قطره 250 ضعفا لقطر الشمس وله كثافة تماثل كثافة الأرض ستكون له قوة جذب تثاقلية شديدة حتى يسـتحيل على الضوء الإفلات منهـا (*). وحقيقة الأمر أن هذا مجرد طرفـة تاريخية مثيرة للفضـول، وإن لم يكن لها أثر فـي تطور العلم في القرن التاسع عشـر. وأن الكتاب إجمالا مثير للفضول ليس فقط من حيث المحتوى، بل وأيضا لوضوح المعنى وسـهولة الأسلوب، وهو ما تجسـده الجمل الافتتاحية التي اسـتطاع بها لابلاس أن يستحوذ على القراء، إذ يقول:

(*) نظرا إلى أن كوكب الأرض أكثر كثافة من الشـمس فقد توصل لابلاس إلى رقم 250 ضعفا لقطر الشمس، بينما توصل ميشيل إلى ضعف هذا الرقم.

إذا كنت في ليلة صحو، وفي مكان تبصر فيه الأفق كله على اتساعه، وتتبعت ببصرك مشهد السماء، فسوف تراه يتغير مع كل لحظة. النجوم تشرق أو تغرب. البعض منها يشرق ليتجلى واضحا للعين في الشرق، ونجوم أخرى تتوارى وتختفي في الغرب. والعديد منها، مثل النجم القطبي والدب الأكبر، لا تمس الأفق في الحالة التي نحن فيها.

من منا بوسعه أن يكف عن مواصلة القراءة.

إن قصة لابلاس كلها علم والنزر اليسير منها عن الشخصية، وإن بدا لنا سطوع البعض من هذا القليل على صفحات كتابه «الشرح». وحسبك ألا تتعجل وتأخذ بالفكرة القائلة أن الفيزياء (فضلا عن بقية العلوم) ران عليها مع نهاية القرن الثامن عشر نوع من الروتين الممل. إذ كان لايزال هناك الكثير من «الشخصيات» هنا وهناك، وأن أكثر الشخصيات وضوحا وتنوعا بين كل علماء الفيزياء في القرن الثامن عشر هو بنجامين تومسون (واسمه فيما بعد كونت رمفورد). فقد قدم إسهامات مهمة للعلم، خاصة دراسة الحرارة. وقدم إسهامات لا تقل أهمية باعتباره مصلحا اجتماعيا، وإن لم يكن حافزها سياسيا بل التطبيق العملي. ويبدو في الحقيقة أن تومسون كان انتهازيا تحركه أساسا المصلحة الذاتية، ويا لها من مفارقة أن أفضل وسيلة اكتشفها لدعم ثروته الخاصة وتعزيز مكانته تحولت لتصبح الوسيلة لتحقيق الخير للآخرين. ولكن نظرا إلى أن عمله يعطينا نظرة أحادية الجانب إزاء كل من الثورة الأمريكية والهبات الثورية في أوروبا خلال أواخر القرن الثامن عشر (فضلا عن أنها قصة ممتعة في حد ذاتها) فإن من المهم أن ندخل في بعض التفصيلات من دون أن نقصر حديثنا على ما تبرره إسهاماته الخالصة للعلم.

بنجامين تومبسون (كونت رمفورد):

ولد تومبسون في 26 مارس 1753، وهو ابن لمزارع في ووبورن، ماساتشوستس. توفي أبوه بعد ميلاد ابنه بفترة قصيرة، وسرعان ما تزوجت الأم ثانية وأنجبت أطفالا كثيرين. وتميز بنجامين بالفضول

المعرفي والذكاء في صباه، ونظرا إلى فقر الأسـرة لم يسمح وضعه المالي والاجتماعي بأي فرصة سوى تحصيل مبادئ التعليم الأولية. واضطر وهو في الثالثة عشـرة من العمر إلى العمل ليساعد على دعم الأسرة الكبيرة، فعمل أول الأمر كاتبا لدى مسـتورد للسلع الجافة في ميناء سيلم، ثم عمل بعد ذلك (من أكتوبر 1769) مساعدا في محل للبيع في بوسطن. وتميزت بوسطن بمزايا جذبته منها أنها هيأت للفتى فرصة حضور فصول دراسية مسـائية، فضلا عن كونها ركيزة لاضطرابات سياسية، ومن ثم نقلت إلى الفتى حميتها الثورية الخاصة، ولكنه أهمل وظيفته (إذ أزعجه ما فيها من جمود) وسـرعان ما فقدها - وتروي إحدى القصص أنه فصل من عمله، بينمـا تقول رواية أخرى أنه تركه بإرادته. وأيا كان الأمر فقد قضى الجزء الأكبـر من العام 1770 فـي ووبورن، وهو عاطل، وقسـم وقته بين المهام العاديـة لمن هم مثله في العقد الثاني من العمر وبين محاولة تعليم نفسـه بمساعدة صديق له يكبره بسنوات قليلة يدعى لومي بولدوين. وقبل الطبيب المحلي د. جون هاي أن يأخذ تومبسـون للعمل تلميذا لديه وذلك لسـببين أحدهما لما يتحلى به من سحر وثانيهما لما أبداه من اهتمام واضح بما كان لايزال يسمى (في هذا الجزء من العالم) باسم الفلسفة الطبيعية. واستغل تومبسون الفرصة للجمع بين برنامجه الشخصي للدراسة وواجبات عمله - ويبدو أكثر من هذا أنه واظب على حضور بضع محاضرات في هارفارد، على الرغم من عدم وجود أي رابطة رسـمية له بالجامعة (وإن كنا نعتمد هنا فقط على رواية تومبسون نفسه، غير أننا سنثبتها مع قدر من التحفظ كما سوف نرى فيما بعد).

وبدت المشـكلة في نظام التلمذة المهنية أنها تكلـف مالا، ومن ثم فإن تومبسون لكي يتسنى له دفع النفقات اختار العمل بعض الوقت في عدد من وظائـف التعليم - مادام كل المطلوب منه هو تعليم القراءة والكتابة ومبادئ الحسـاب، وهي أمور ليسـت بحاجة إلى مؤهلات رسـمية. ولكن بحلول صيف 1772، نجد تومبسـون إما أنه سئم من كونه تلميذا مهنيا، وإما أن الطبيب سئم منه، ولهذا قرر تومبسون أن يجرب العمل مدرسا في مدرسة متفرغـا كل الوقت. ووجد وظيفة له في بلدة كونكورد، في نيوهامشـاير.

وتقع البلدة مباشرة على حدود ماساتشوسيتس ونيوهامشاير، وتعرف في السابق باسم رمفورد ماساتشوستس؛ وتغير اسمها مع نهاية العام 1762 كمبادرة مصالحة بعد مناوشات حادة حول الولاية التي تتبعها البلدة، ومن الذي عليه دفع الضرائب ولمن. وكان المبجل تيموثي ووكر هو راعي تومبسون في كونكورد. وسبق لابنة ووكر، واسمها سارة، أن تزوجت منذ وقت قريب (في عمر متقدم 30 عاما) أغنى رجل في البلدة ويدعى بنجامين رولف، الذي وافته المنية على عجل وهو في الستين من العمر، وتركها ثرية الحال جدا. واستمر تومبسون في مهنة التعليم بالمدرسة فترة أقصر من فترات عمله في المهن الأخرى، وفي نوفمبر 1772 تزوج سارة ووكر رولف واستقر لإدارة إقطاعية زوجته والتحول إلى واحد من السادة الوجهاء. لم يكن قد تجاوز التاسعة عشرة من العمر، طويل القامة، حسن المنظر، وقيل إن سارة هي التي دبرت العلاقة فيما بينهما. وأنجبا طفلا واحدا، بنتا واسمها سارة أيضا، ولدت في 18 أكتوبر 1774. ولكن منذ ذلك التاريخ بدأت حياة تومبسون تأخذ منحنى آخر.

مشكلة تومبسون أنه لم يقنع قط بما حصل عليه ويريد دائما المزيد (حتى الشهور الأخيرة من حياته). ولم يضيع تومبسون وقته مطلقا في التودد إلى الحاكم المحلي، جون وينتويرث. واقترح عليه القيام برحله استكشافية علمية لمساحة المنطقة القريبة من وايت ماونتينز. (وإن لم تصل هذه الخطط إلى أي نتيجة)، واستهل برنامجا للزراعة العلمية. ولكن كل هذا تعارض مع الخلفية الأساسية للاضطرابات التي أفضت إلى الثورة الأمريكية. وإن لم يكن هذا مكانا للخوض في التفاصيل، غير أنه يجدر بنا أن نتذكر أن المسألة في بدايتها الأولى لم تزد على أنها نزاع بين مدرستين للفكر كل منهما تعتبر نفسها صاحبة الولاء الحق لإنجلترا. ورصد تومبسون كل جهوده لمصلحة السلطات الحاكمة، ومن هنا جاءت المفاجأة بتعيينه في منصب رائد لميليشيا نيو هامشاير العام 1773، بعد زواجه ببضعة شهور فقط. وبدأت الاستعدادات لحرب رأى أغلبية الناس أنها حتمية، وعمد الاستعماريون (رغبة في الوصول إلى اتفاق أفضل) إلى تشجيع (والحقيقة، رشوة) الهاربين من الجيش البريطاني على

الانضمام إلى صفوف الجندية وتدريبهم على شؤون الحرب النظامية؛ وبدا أن تومبسون، الإقطاعي وصاحب الاتصالات الكثيرة بين الفلاحين في المنطقة في وضع مثالي لمتابعة هذا النشاط. ونظرا إلى أن تومبسون اعتاد الصراحة الكاملة في التعبير عن اعتقاده أن الوطنية الحقة تعني الخضوع لسيادة القانون والعمل في إطاره من أجل التغيير، لم يحتج الأمر وقتا طويلا من المتآمرين من أجل الإطاحة بنظام الحكم القديم لاكتشاف نشاطه. وقبيل عيد الميلاد للعام 1774، وبعد شهرين فقط من ميلاد ابنته، سمع الناس أن جماهير الغوغاء احتشدوا بهدف النيل منه، ولكن تومبسون انطلق خارجا من البلدة على صهوة جواد ولم يعد إليها قط. ولم ير زوجته ثانية، على الرغم من أن ابنته، كما سنرى فيما بعد، دخلت حياته بالفعل ثانية.

انطلق تومبسون إلى بوسطن، حيث عرض خدماته على حاكم ماساتشوستس جنرال توماس غيغ. ولكن عرضه قوبل بالرفض، وعاد تومبسون إلى ووبورن. وأصبح الآن في حقيقة الأمر جاسوسا لحساب السلطات البريطانية، ينقل المعلومات عن النشاط الثوري إلى القيادة في بوسطن. وبعد مرور قليل من الوقت أصبح في موقف لا يحسد عليه. وفي أكتوبر 1775 انضم ثانية إلى البريطانيين في بوسطن. وحين تمت الإطاحة بهم وطردهم على أيدي المتمردين في مارس 1776، أبحر أغلب الفرقة العسكرية والموالين لهم إلى هاليفاكس، نوفا سكوتيا، بينما الرسائل الرسمية من بوسطن تحمل أنباء غير سارة عن هذه النكسة التي منيت بها القوات البريطانية وعودتهم إلى لندن تحت رعاية القاضي وليام براون. وتحايل الرائد بنجامين تومبسون ليجد لنفسه مكانا ضمن حاشية القاضي براون، ووصل إلى لندن في صيف 1776 باعتباره خبيرا لديه معلومات طازجة عن القدرات القتالية للمتمردين الأمريكيين وشاهد عيان لسقوط بوسطن من الجانب الأمريكي. وقدم نفسه علاوة على ذلك باعتباره نبيلا فقد إقطاعيته الضخمة بسبب ولائه للقضية البريطانية، واستطاع سريعا، بفضل مبررات اعتماده هذه، علاوة على قدرته التنظيمية المميزة، أن يصبح الساعد الأيمن للورد جورج جيرمين، وزير المستعمرات.

أبلى تومبسون بلاء حسنا في وظيفته، وحقق نجاحا كبيرا وبذا شغل في العام 1780 منصب وكيل وزارة القسم الشمالي. ولكن عمله كموظف مدني يخرج عن نطاق كتابنا. بيد أنه وفي تلازم مع عمله هذا، عاد أيضا إلى اهتماماته العلمية، وفي أواخر سبعينات القرن الثامن عشر أجرى تجارب لقياس القوة التفجيرية للبارود (وواضح أنها تجارب خاصة بالأحداث المحلية ووثيقة الصلة بعمله اليومي)، وأدى هذا إلى انتخابه زميلا للكلية الملكية في العام 1779، وهيأت هذه التجارب المبرر لكي يقضي تومبسون ثلاثة أشهر في مناورات للأسطول البريطاني في صيف العام 1779، وعلى الرغم من أن تومبسون عاكف في الظاهر على دراسة المدفعية، فإنه أنه في الواقع عاد ثانيا للعمل جاسوسا، ولكن هذه المرة لحساب لورد جيرمين، واعتاد أن يرسل إليه روايات لا تصدق (ولكنها حقيقية) عما يعانيه الأسطول من قصور وفساد، والتي يمكن للورد جيرمين أن يستخدمها لحسابه لدعم مركزه السياسي. وأدرك تومبسون جيدا، مع هذا، أن نجمه بموجب نظام الرعاية الموجود وقتذاك، وثيق الارتباط بنجم جيرمين، وإذا حدث وفقد راعيه الثقة فسوف يجد نفسه هو الآخر في الظل. ولذلك شرع يعد لنفسه ملاذا آمنا وقت الحاجة.

وانطوت جهوده على حيلة معروفة لكل من في مستواه - تشكيل كتيبة خاصة به. ذلك أن الملك، رغبة منه في تعزيز قوة الجيش وقت الحاجة، يمكن أن يصدر ميثاقا ملكيا يسمح لفرد بأن يشكل كتيبة على نفقته الخاصة، ويصبح القائد الأعلى لهذا الرهط. إنها عملية باهظة التكلفة (وإن كان تومبسون وقتذاك في وضع يسمح له بالإنفاق عليها)، ولكنها تنطوي على ربح ضخم - إذ مع نهاية الحرب وتسريح الجند يحتفظ الضباط برتبهم، مع حق الحصول على نصف الراتب مدى الحياة. وهكذا أصبح تومبسون برتبة مقدم في كتيبة سلاح الفرسان الملكي، التي حشد أعضاءها في نيويورك الرائدُ دافيد موراي لحساب تومبسون. ولكن في العام 1781، تحول فجأة تظاهر تومبسون بالعمل العسكري إلى حقيقة واقعة. ذلك أن جاسوسا فرنسيا تم القبض عليه ومعه تفاصيل عمليات الأسطول البريطاني، وبدا واضحا أنه حصل على معلومات من شخص

ذي رتبة عسكرية رفيعة لديه معرفه دقيقة بالأسطول. وحامت الشبهات حول تومبسون واتسع نطاق الثرثرات والشائعات، ولكن دون اتهامات ثابتة. ونحن لن نعرف الحقيقة، ولكن الواقع يقول إن تومبسون تخلى فجأة عن موقعه في لندن وقصد رأسا نيويورك للقيام بدور نشط في كتيبته. وجدير بالذكر أن دور تومبسون في القتال لم يكن بالدور المجيد ولا الناجح، وفي العام 1783، وبعد هزيمة البريطانيين، عاد إلى لندن حيث لا يزال أصدقاؤه لهم نفوذهم وساعدوه لترقيته إلى رتبة أعلى، مما ضاعف من دخله كثيرا، قبل إحالته إلى التقاعد بنصف الراتب. وبعد الترقية مباشرة احتفظ بصورته في زي عسكري كامل رسمها له توماس غيزبورو.

وقرر كولونيل تومبسون، كما أصبح الآن، أن يجرب استثمار ثروته داخل قلب أوروبا، وقضى بضعة شهور يطوف أنحاء القارة لاصطياد الفرص المتاحة، واستطاع بفضل الجمع بين سحر الشكل والحظ، وقبل ذلك القصص المبالغ فيه عن خدماته العسكرية، أن يحصل على عرض لشغل وظيفة ضابط معاون في ميونيخ عرضه عليه أمير بافاريا كارل تيودور. وهكذا حصل، على أقل تقدير، على عرض لشغل منصب. وقيل صراحة إنه لتحاشي إثارة غضب أعضاء آخرين في البلاط البافاري، فإن من المفيد النظر إلى تومبسون باعتباره موضع رضى من ملك بريطانيا جورج الثالث. ومن ثم فإنه باعتباره ضابطا برتبة رائد في الجيش البريطاني عليه العودة إلى بريطانيا للحصول على ذلك من الملك للخدمة في جيش أجنبي. وبينما كان تومبسون هناك، ألح على الملك وأقنعه بأن من المفيد جدا أن يحصل على لقب فارس، وسرعان ما منحه الملك اللقب. وهكذا اعتاد تومبسون أن يحصل دائما على ما يريد، ولكن هذه المنحة الصفقة يرجع نجاحها أساسا إلى حقيقة أن بريطانيا كانت معنية كثيرا بأمر تحسين علاقتها مع بافاريا نظرا إلى تطور الأوضاع الراهنة (عام 1784) في فرنسا. وواضح أيضا، ولا غرابة في ذلك تأسيسا على سجل حياته، أن سير بنجامين عرض أن يتجسس على البافاريين لحساب البريطانيين، وأرسل تقاريره سرا إلى سير روبرت كيث، سفير بريطانيا في فيينا.

أفكار تومبسون عن الحمل الحراري

بدا تومبسون مثالا لنجاح استثنائي في بافاريا، حيث طبق المبادئ العلمية لتحويل جيش بائس التجهيزات متدني المعنويات، لا يزيد على كونه حشدا من رعاع، إلى آلة ذات كفاءة وحماسة (وإن لم يكن آلة حرب). وحدد لنفسه مهمة تبدو في ظاهرها مستحيلة، وهي تحقيق الهدف مع توفير أموال الأمير، وهذا ما فعله حقا بفضل تطبيق العلم. احتاج الجنود إلى زي رسمي، فدرس تومبسون طريقة انتقال الحرارة من خلال مواد مختلفة لاكتشاف الخيار الأفضل اقتصاديا لصناعة ألبسة الجند. واكتشف عرضا، أثناء بحثه هذا، تيارات الحمل الحراري(*)، إذ لاحظ أن السائل (الكحول) داخل ترمومتر يستخدمه في تجاربه يصعد إلى منتصف الأنبوب ثم يتساقط على الجانبين. ويحتاج الجنود أيضا إلى طعام، ولذلك درس تومبسون التغذية، وعرف كيف يطعمهم على نحو اقتصادي وصحي معا. ورغبة منه في صناعة ملابس الجند أفرغ شوارع ميونيخ من جميع المتسولين وألزمهم بالعمل في ورش حسنة التجهيزات ونظيفة، حيث يعلمهم أيضا مبادئ القراءة والكتابة ويلزم الصبية الصغار بالانتظام فيما يشبه المدرسة لتعليمهم. وسعى إلى توفير أقصى تغذية ممكنة للقوات بأقل تكلفة، وأطعمهم (من بين أشياء أخرى) حساءه المغذي - ويتألف من البطاطس وخضراوات يندر استخدامها في هذا الجزء من أوروبا - واستلزم هذا النظام أن يكون لكل ثكنة عسكرية بستانها الخاص لمطبخها وزراعة احتياجاتها من الخضراوات. وطبيعي أن أدى هذا إلى توفير عمل مفيد ومهارات قيمة، بحيث أصبح الجند قادرين على التوظف عند تركهم الجيش، فضلا عما يفيده هذا من رفع الروح المعنوية. وجدير بالذكر أن مزرعة الجيش للخضراوات في ميونيخ أصبحت في الوقت نفسه حديقة عامة كبرى، وتعرف باسم الحديقة الإنجليزية، والتي بنيت في موقع حديقة الغزال الخاصة بالأمير، وأسهم هذا كله في أن أصبح تومبسون محبوبا جدا لدى الجماهير.

(*) أدخل وليام بروت (1785 - 1850) هذا المصطلح عمليا في العام 1834.

وثمة ابتكارات كثيرة لتومبسون من بينها وضعه لتصميم مواقد مطبخ متعددة الشعلات ومسورة، بدلا من إشعال النار في الهواء الطلق، وهي طريقة قليلة الفاعلية. وابتكر أيضا المواقد المتنقلة لاستخدامها في الميدان، ومصابيح متقدمة للإضاءة، ثم (أخيرا) أوعية لصنع القهوة بكفاءة جيدة (إذ كان تومبسون يكره الشاي وامتنع عنه طوال حياته، ولهذا حرص على الترويج للقهوة كشراب صحي بدلا من الكحول). وأفاده موقعه في البلاط، إذ جعل منه أقوى شخص في بافاريا بعد الأمير، ولم يمض عليه وقت طويل حتى تولى (في وقت واحد) وزير الحرب، ووزير الشرطة، والمستشار الخاص ورئيس الديوان الأميري في البلاط، فضلا عن رتبة اللواء. وفي العام 1792، اهتدى الأمير إلى طريقة أخرى لتكريم أكثر معاونيه ثقة. والمعروف أنه حتى ذلك الحين كانت البقايا الأخيرة للإمبراطورية الرومانية المقدسة لاتزال قائمة في صورة حلف من دويلات مهلهلة في وسط أوروبا، وعلى رأسها إمبراطور لم يزد دوره على مجرد منصب احتفالي. وحدث أن توفي في هذا العام الإمبراطور ليوبولد الثاني، واجتمع الرؤساء المتوجون على اختلافهم لاختيار الخليفة. وبينما هم مجتمعون، أصبح كارل تيودور قائما مقام الإمبراطور الروماني المقدس وفقا لنظام المناوبة المتبع وقتذاك. وتولى المنصب من الأول من مارس وحتى 14 يوليو 1792، وهذه فترة طويلة وكافية لكي يرقي بعضا من محاسيبه إلى رتبة النبلاء، وكان أحد هؤلاء اللواء السير بنجامين تومبسون، الذي أصبح اسمه كونت رومفورد (وبالألمانية غراف فون رمفورد، وهو لقب ليس من المحتمل أبدا أن يحمله عالم إنجليزي - أمريكي) (*).

وسوف يوضح لنا المثال التالي أن رمفورد (كما سنشير إليه) لا يزال الولد المدلل في عيني الأمير، إلا أن وضعه كأجنبي، والذي صعد به سريعا إلى أرقى المستويات سوف يخلق له أعداء كثيرين في البلاط. والمعروف أن كارل تيودور كان كهلا ولم ينجب، وقد ظهرت المنافسات والمناورات على

(*) انتهت الإمبراطورية الرومانية المقدسة في أغسطس 1806، وجاءت نهايتها كأحد الآثار الجانبية للحروب النابليونية عندما تخلى عن العرش فرنسيس الثاني، آخر الأباطرة الرومان (الذي تولى المنصب في يوليو 1792)، وأصبح فرنسيس الأول للنمسا وحدها. وبقي رمفورد باعتبار أنه كونت لإمبراطورية لا وجود لها.

المنصب بالفعل بين الأطراف استعدادا لما سوف يحدث. وأحرز رمفورد الكثير جدا حتى لم يبق شيء ليتجاوز أعلى درجات السلم الاجتماعي. إنه الآن في التاسعة والثلاثين، وتدور أفكاره ثانية حول إمكانية العودة إلى أمريكا، ولكن فجأة ومن حيث لا يدري تلقى رسالة من ابنته سارة، المعروفة باسم سالي. لقد توفيت زوجة رمفورد توا وحصلت سالي على عنوانه من لومي بولدوين.

وحدث أن غزا الفرنسيون رينلاند واستولوا على بلجيكا في نوفمبر العام 1972، وباتت الحرب تهدد بأخطارها بافاريا. هنا شعر رمفورد، الذي أحس بالإنهاك، أنه حصل على ما يكفيه وسافر إلى إيطاليا، متعللا رسميا بسوء حالته الصحية وإن انطوى الأمر على عنصر منفعة سياسية. ورأى أن إقامته في إيطاليا لفترة نوعا من العطلة، وأيضا فرصة لإحياء اهتماماته بالعلم (إذ رأى فولتا وهو يعرض طريقة تشنج أقدام الضفدع تحت تأثير الكهرباء، والتقى سير تشارلز بلاغين، سكرتير الجمعية الملكية وصديق هنري كافنديش)، ورأى فيها من ناحية أخرى فرصة للعبث الرومانسي (إذ لم يكف رمفورد قط عن الرفقة الأنثوية، وله عشيقات كثيرات فيهن أختان شقيقتان كل منهما كونتيسة، شارك الأمير إحداهن كان والد طفلتين غير شرعيتين على الأقل).

وقضى رمفورد ستة عشر شهرا في إيطاليا، ولكنه اضطر إلى العودة إلى بافاريا في صيف 1794، وعاد هذه المرة يراوده طموح بأن يصنع لنفسه اسما في مجال العلم - إنه ليس هنري كافنديش الذي يقنع بالاكتشافات لذاتها من دون التماس لاعتراف عام وجماهيري. وكان الموقف السياسي لا يزال على حاله، وطبيعي أن أعمال رمفورد لكي تحظى بالاهتمام ولفت الأنظار فلا بد أن تصدر في إنجلترا، والأفضل أن تصدر عن طريق الجمعية الملكية. وفي خريف 1795، منحه الأمير إجازة لمدة ستة أشهر للسفر إلى لندن لهذا الغرض. وهنا وجد رمفورد نفسه مشهورا كعالم ورجل دولة، علاوة على لقب النبيل، وهو الآن في مجتمعه وبيئته، ومن ثم مد الشهور الستة حتى قاربت العام. وعمل كعادته على الجمع بين مشروعات التجارة والدعاية لنفسه والعلم والمتعة. وأحس بالصدمة إزاء

غطاء الدخان الذي يلف سماء لندن في الشتاء، واستخدم فهمه للحمل، أي لانتقال الحرارة بالحمل في اتجاه رأسي، لكي يضع تصميمه لمدفئة أفضل، لها حافة أو رف خلف المدخنة، بحيث إن الهواء البارد المتساقط أسفل المدخنة يصطدم بهذه الحافة فيغير اتجاهه ليلحق بالهواء الساخن الصاعد من النار من دون أن يسبب سحابات الدخان المتلاطم الذي يتجمع داخل الغرف (واشتغل بعد ذلك على عمل منظومات تدفئة مركزية تستخدم البخار). وفي العام 1796 أراد رمفورد، بدافع من الغرور جزئيا، أن يخلد اسمه (ونقول إنصافا، مستفيدا بماله هو، ومن ثم قرر أن يوقف ميداليتين كجائزة تعطي منحة لمن يقدم عملا مبرزا في مجال الحرارة والضوء، وأن تخصص واحدة لأمريكا والثانية لبريطانيا. وأحضر خلال هذا العام نفسه سالي من أمريكا لكي تنضم إليه، وصدمته أساليبها الاستعمارية الريفية الساذجة، ورأى في ذلك ما يسبب حرجا للكونت رمفورد المترفع. إلا أنهما، مع هذا قضيا وقتا طويلا معا طوال الفترة الباقية من حياته.

وبلغت رمفورد دعوة للعودة إلى ميونيخ في أغسطس 1796، وذلك لسببين، أولهما أن الوضع السياسي قد تغير لمصلحته (الوريث الافتراضي الأخير لكارل تيودور كان مؤيدا لرمفورد)، والثاني الأخطار العسكرية المحدقة ببافاريا (ميونخ نفسها في الحقيقة)، بحيث بدت وكأنها محصورة بين جيشين متصادمين، النمساوي والفرنسي (*). ولم تكن المسألة بسبب الاعتقاد بأن رمفورد قائد عسكري كبير، بقدر ما كان أنه كبش فداء ملائم - إذ في ذلك الوقت هرب كل امرئ ذي أهمية من ميونيخ تاركين الأجنبي الضابط الآمر المسؤول عن البلدة، بما يعني أنه سوف يحمل عصاه ويرحل عندما يطرق الغزاة أبواب المدينة. وسرعان ما وصل النمساويون وأقاموا معسكرهم على أحد جانبي البلدة. ثم وصل الفرنسيون وأقاموا معسكرهم على الجانب الآخر من البلدة. وعقد كل جيش العزم على احتلال ميونيخ والحيلولة دون أن يحتلها الخصم، ولكن رمفورد قام برحلات مكوكية بين المعسكرين، وظل يناور لفترة يحاول جهده تجنب اندلاع أي نزاع، إلى أن تم طرد الفرنسيين عقب هزيمة جيشهم عند حوض الراين الأدنى. وخرج

(*) وطبيعي أن كانت النمسا هي القوة الأوروبية الرئيسية في ذلك الوقت.

رمفورد منتصرا مكللا بالغار كالعادة دائما. وحين عاد الأمير، كافأ رمفورد بتعيينه ضابطا آمرا لشرطة بافاريا ومنح سالي، التي كانت في معية أبيها، لقب كونتيســـة لقدراتها الذاتية، ولكن مـــن دون أن يؤدي إلى أي زيادة في الدخل، فضلا عن أن معاش التقاعد المستحق لرمفورد.باعتبار أنه كونت سيجري تقسيمه بين الاثنين بالتساوي. ورُقي أيضا إلى جنرال.

ولكـــن النجاح غير المتوقـــع جعل رمفورد مكروها أكثـــر من المعارضة، وأصبح تواقا أكثر إلى المغادرة، وأهمل واجباته الإدارية وعكف على إنجاز أهم أعماله العلمية في تلك الفترة. وبلغ الأمر إلى حد أن الأمير أدرك أنه بمحاباته المتصلة لرمفورد أضعف مكانته الشـــخصية - ولكن ماذا عســـاه أن يفعـــل معه؟ ويبدو أنه عثر على حل لحســـم المشـــكلة على نحو يحفظ مـــاء الوجه، وذلك في العام 1798، عندما عين كارل تيودور كونت رمفورد وزيرا مطلق الصلاحية لتمثيل البلاد لدى بلاط سانت جيمس (أي سفيرا لدى بريطانيا). حزم رمفورد أمتعته وعاد رأســـا إلى لندن، ولكن ليكتشف أن جورج الثالث ليســـت لديه نية على الإطلاق لقبول أوراق اعتماده، وبرر الملـــك موقفه بأن رمفورد باعتباره يحمل الجنســـية البريطانية ليس له أن يمثـــل حكومة أجنبية. ولكن ربما الســـبب الفعلـــي أن وزراء جورج الثالث يكرهـــون رمفورد، إذ يرونه مغـــرورا، ولديهم ذكريـــات كثيرة وقديمة عن أعماله السابقة كجاسوس مزدوج.

وأيا كان الســـبب فإن النتيجة جاءت لمصلحة العلم. وفكر رمفورد ثانية في العودة إلى أمريكا، ولكنه اســـتقر في النهاية في لندن، ووضع مخططا لتأسيس متحف جامع (ويبرز أعماله بطبيعة الحال) ليكون مؤسسة بحثية وتعليمية، والذي تحول بعد أن اكتمل إلى المؤسســـة الملكية. وضاعف حجم المال اللازم عن طريق المســـاهمات العامة (أي ملاحقة الأغنياء بإقناعهم بما تحلى به من جاذبية لكي يدفعوا أكثر ما يمكن)، وشهد المؤسسة الملكية تفتح أبوابها في العام 1800 واســـتهلت نشـــاطها بسلسلة من المحاضرات التـــي ألقاهـــا الطبيب تومـــاس غارنيت الـــذي حصل، على لقب أســـتاذ بروفيسور للفلسفة الطبيعية في المؤسسة الملكية. ولكن غارنيت، لم يستمر طويلا - إذ لم يكن رمفورد معجبا بقدراته، وأبدله في العام 1801 بشاب

صاعد متميز يدعى هامفري دافي، الذي جعل من المؤسسة الملكية نموذجا للنجاح الكبير في النهوض بمستوى الفهم العام للجمهور للعلم.

وبعد تعيين دافي مباشـــرة، عاد رمفورد إلى ميونخ ليعبر عن احترامه وتقديـــره للأمير الجديد مكســمليليان جوزيف، الـــذي خلف كارل تيودور حديثـــا. وجديرا بالذكـــر أن رمفورد كان لايزال يتقاضـــى معاش التقاعد مـــن الحكومة البافارية، فضلا عن أن مكســمليليان أعـــرب عن اهتمامه بإنشـــاء مؤسسة مماثلة للمؤسسة الملكية في ميونخ. وبعد أسبوعين هناك عـــاد رمفورد إلى لندن عبـــر باريس، حيث قوبل بترحاب شـــديد ظن أنه الأمر الذي يســتحقه. وشـــاءت الأقـــدار أن يتعرف علـــى أرملة لافوازييه وهـــي لا تزال في مطلع الأربعينيـــات من عمرها (ورمفورد الآن في أواخر الأربعينيات) (*). وشـــعر في نهاية الأمر بـــأن لندن مملة ومثيرة للضجر. تدبـــر رمفورد أمره وحـــزم أمتعته وترك لندن للأبـــد، قاصدا قارة أوروبا فـــي 9 مايو 1802. وقام بعدة زيارات أخرى إلى ميونخ، ولكنها انتهت في العام 1805، عندما اســتولت النمســا على الإقليم وهرب الأمير. وجدير بالذكـــر أن رمفورد تحلى ببعد النظر ليعـــرف اتجاه الريح وفقا لمصالحه، والتحـــرك قبل العاصفة. وأصبح قلبه الآن في باريس مع مدام لافوازييه. شاركته جولة طويلة في بافاريا وسويسرا. وفي ربيع 1804 استقر الاثنان فـــي بيت في باريس. وقـــررا الزواج، ولكنهما واجها مشـــكلة فنية تقضي بضـــرورة حصول رمفورد علـــى أوراق ثبوتية من أمريـــكا تؤكد أن زوجته الأولى متوفاة. ولكن المهمة عســيرة جدا بســبب الحرب المشتعلة وحصار البريطانيين لفرنســا. وأدى هذا إلى إرجاء الزواج حتى 24 أكتوبر 1805، وتزوجا بالفعل، وبعد أن اســتمتعا على مدى قرابة أربع ســنوات بنشـــوة الحياة قبل الزواج، أحســا بعد الزواج مباشرة بأنهما غير متلائمين. ذلك أن رمفورد يريد حياة هادئة تشـــبه حياة المتقاعد إلى حد ما وحياة العلم، بينما زوجته تريد الحفـــلات وحياة اجتماعية كاملة. وانفصلا بعد عامين وقضـــى رمفورد ســنواته الأخيرة في بيت في ضواحـــي باريس في أوتوي

(*) والتقـــى أيضا جوزيـــف غيلوتين، مخترع المقصلـــة «الغيلوتين»، ولكن ليس فـــي ذات اللقاء الاجتماعـــي الذي كانت فيه مدام لافوازييه. ووصف رمفورد الســـيد غيلوتين بأنه إنســـان دمث للغاية ومؤدب؛ ولنتذكر أنه اخترع آلته التي تتصف بأنها الأكثر رحمة كبديل عن الشنق.

ليجد عزاءه مع عشيقة أخرى تدعى فيكتوار لوفيفر. وأنجبا ابنا، تشارلز، ولد في أكتوبر 1813، قبل وفاة رمفورد بأقل من سنة يوم 21 أغسطس 1814، وعمره 61 عاما. وعاشت سالي رمفورد حتى العام 1852، ولم تتزوج، وتركت إرثا كبيرا لابن تشارلز لوفيفر ويدعى أميدي، ولكن شريطة أن يغير اسمه إلى رمفورد. ولايزال نسله يحمل الاسم ذاته.

أفكاره عن الحرارة والحركة

وعلى الرغم مما لقصة بنجامين تومبسون كونت رمفورد من سحر أخاذ (وأنا لم ألمس منها غير السطح الظاهر فقط)، كان في الإمكان ألا يكون لها مكان في كتاب عن تاريخ العلم لو لم يقدم إسهاما مهما حقيقة في سبيل فهمنا لطبيعة الحرارة. وتوصل إلى هذا خلال عمله في ميونخ العام 1797، حيث يهيئ «الدفاع» عن المدينة ضمن مسؤولياته الأخرى الكثيرة، إذ كان مسؤولا عن ترسانة ميونخ التي تجرى فيها صناعة المدافع عن طريق ثقب أسطوانات معدنية. والمعروف أن رمفورد ظل طوال حياته رجلا عمليا يؤمن بالتطبيق بشكل مكثف، مثلما كان مخترعا ومهندسا أقرب إلى نمط جيمس وات منه إلى مفكر نظري مثل نيوتن. وتركز اهتمامه العلمي الرئيسي على طبيعة الحرارة التي كانت لا تزال لغزا كبيرا في النصف الثاني من القرن الثامن عشر. وكان النموذج المسيطر على أوساط كثيرة تمثله الفكرة القائلة إن الحرارة مرتبطة بسيال يسمى السيال الحراري. وساد ظن بأن كل جسم له سيال حراري، وحين يفيض خارج الجسد يتجلى لنا وجوده من خلال ارتفاع في درجة الحرارة.

أبدى رمفورد اهتماما بنموذج السيال الحراري في أثناء إجرائه لتجاربه على البارود في أواخر سبعينيات القرن الثامن عشر. ولحظ أن ماسورة المدفع تزداد سخونتها إذا ما أطلقنا المدفع من دون تحميله قذيفة، إذ تكون درجة حرارتها أعلى مما لو أطلقنا المدفع محملا بقذيفة، حتى وإن تساوت كمية البارود في الحالتين. ومن ثم إذا كان ارتفاع الحرارة مرده فقط إلى انطلاق السيال الحراري، إذن يتعين ثبات درجة الحرارة دائما مع ثبات كمية البارود المحترقة. معنى هذا أنه لا بد وأن نموذج السيال الحراري ينطوي على

خطأ ما (*). ولكن هناك نماذج أخرى منافســة. وحيث إن رمفورد لايزال في شــبابه، فقد عكف على قراءة أعمــال هيرمان بوبريهاف (1668 - 1738)، وهو عالم ألمانــي ويذكره التاريخ بأفضل أعماله في مجال الكيمياء التي رأى فيها أن الحرارة شكل من أشكال الذبذبة مثلها مثل الصوت. وأعجب رمفورد بهذا النموذج أكثر من سواه. ولكن لم يحن له الاهتداء إلى وسيلة لإقناع الناس بقصور نموذج السيال الحراري إلا بعد عشرين عاما، وقتما انخرط في مهمة عملية ثقب الأسطوانات وتجويفها لعمل ماسورة المدفع.

وطبيعي أن من الســهل جدا أن يفسر نموذج السيال الحراري وبشكل سطحي الحقيقة المألوفة وهي أن الاحتكاك تتولد عنه حرارة - ووفق هذا النموذج فإن احتكاك ســطحين بعضهما ببعض يعتصر الســيال الحراري ويدفعه إلى خارجهما. ولكن نجد في عملية ثقب أو تجويف ماسورة المدفع أن الأســطوانات المعدنيــة يجري تحميلها أفقيا في لقمــة ثقب ثابتة غير دوارة، وتدور الأسطوانة كلها (حرفيا بقوة حصانية)، ويتحرك المثقاب إلى أســفل داخل المدفــع مع اطراد عملية الثقب. راقــب رمفورد هذه العملية وأذهلــه أمــران. الأول الكم المطلــق للحرارة المتولدة، والثانــي أنه بدا أن مصدر هذه الحــرارة غير قابل للنفاد. ومادامت اســتمرت الأحصنة في العمل ولقمة الثقب في تماس مباشــر لمعدن المدفــع، يظل توليد الحرارة مســتمرا. وهنا نقول إذا صح نموذج الســيال الحراري فإن من المؤكد أنه عند نقطة معينة يتم اعتصار كل السيال الحراري وخروجه من الأسطوانة الدوارة، ولن يتبقى شيء لتسخينها.

وصنع رمفورد نموذجا مناظرا في صورة إســفنجة مشربة ماء وعلقها في خيط في منتصف الغرفة. وطبيعي أن يتبدد ما فيها من رطوبة في الهواء إلى أن تجف تماما، ورأى أن هذا مماثل لنموذج الســيال الحراري، ولكن الحرارة أقرب شبها لدقات ناقوس الكنيسة. ونلحظ أن صوت الجرس «لا ينفد» مادام دق الجرس مســتمرا، ليعطي دقاته ذات الخصائــص المميزة. ورأى من باب الاقتصاد اســتخدام الزائد من قالب الصب المعدني كوصلة وامتداد لماسورة المدفع، مــع نيته في قطعها قبل عملية الثقب. وعمــد رمفورد إلى قياس كم

(*) التفســير الحديث يقول إنه عند إطلاق القذيفة ينصرف جزء من قوة الانفجار إلى تحريك القذيفة، ومن ثم تقل كمية الطاقة المتبقية التي تتبدد في صورة حرارة داخل المدفع.

الحرارة الناتجة مع استخدام لقمة ثقب بطيئة لكي تكون التجربة أكثر بيانا. ووضع الأسطوانة المعدنية داخل صندوق خشبي مملوء بالماء، وبذا يصبح في الإمكان قياس الحرارة المنطلقة عند معرفة الفترة الزمنية المنقضية حتى غليان الماء. وابتهج حين أبدى الزائرون دهشتهم أن رأوا أن كميات كبيرة من الماء البارد وصلت سريعا إلى درجة الغليان من دون استخدام أي لهب. ولكنه أوضح لهم أن هذه ليست الطريقة الفعالة والمجدية لتسخين الماء، إذ يتعين الاستمرار في تغذية أحصنته، ولكن إذا أردتم حقيقة أن تغلوا الماء فثمة طريقة أكثر فاعلية، وهي الاستغناء عن الأحصنة وإحراق القش الخاص لغذائها تحت الماء مباشرة. ووجد نفسه بفضل هذه الملاحظة المعدة للتنفيذ أنه على شفا فهم طريقة لحفظ الطاقة، ولكن مع تحويلها من شكل إلى آخر.

وكرر رمفورد التجربة مرات ومرات (يفرغ الماء الساخن ويبدله بماء بارد)، ووجد أن وقت الوصول إلى درجة الغليان واحد دائما مع ثبات كمية المياه واستخدام الحرارة المتولدة عن الاحتكاك. ولم ير أي علامة تشير إلى نفاد السيال الحراري مثل نفاد الماء من الإسفنجة. وإذا شئنا الدقة نقول إن هذه التجارب ليست برهانا مطلقا على إمكان توفير مدد لا ينفد من الحرارة عن طريق توليدها بهذه الطريقة، وسبب ذلك أنها لا تستمر حرفيا إلى الأبد، وإنما التجارب مجرد مؤشر فضلا عن النظر إليها باعتبارها ضربة قاصمة لنموذج السيال الحراري. وأجرى أيضا سلسلة من التجارب تتضمن وزن زجاجات مغلقة بإحكام وتحتوي على سوائل مختلفة الأنواع في درجات حرارة مختلفة. وأثبت أن لا علاقة بين «كمية الحرارة» في جسم ما وبين كتلته. معنى هذا أن لا شيء ماديا يفيض منها أو إليها، مع تبريد أو تسخين الجسم. ولم يزعم رمفورد نفسه أنه يفهم ماهية الحرارة، وإن زعم أنه أوضح ماهية ما ليس حرارة. ولكنه كتب يقول:

> يبدو لي أن من الصعوبة إلى أقصى حد، إن لم أقل مستحيلا، تكوين أي فكرة متميزة عن أي شيء يمكن إثارته والتواصل بشأنه بالطريقة التي تمت بها إثارة موضوع الحرارة والتواصل بشأنه في هذه التجارب سوى موضوع واحد آخر، وهو الحركة.

تتطابق هذه الفكرة تماما مع الفهم الحديث الذي يربط بين الحرارة وحركة الذرات والجزيئات المفردة داخل مادة ما. ولكن رمفورد، بطبيعة الحال، لم تكن لديه فكرة عن نوع الحركة المرتبطة بالحرارة. ولذلك لا نقول إن العبارة تتبؤ مسبق بما سيكون، وإنما لنا أن نقول إنها دليل أو بينة في ضوء تجارب ساعدت على تأسيس فكرة الذرات في القرن التاسع عشر. وثمة سبب واحد يوضح لنا لماذا تقدم العلم سريعا جدا في القرن التاسع عشر ألا وهو أنه مع نهاية تسعينيات القرن الثامن عشر بدا واضحا للجميع باستثناء من أعمتهم المدرسة التقليدية عن الرؤية، أن أفكار الفلوجستون والسيال الحراري ماتت وووريت التراب.

جيمس هاتون

النظرية التماثلية للجيولوجيا

يمكن القول إن أهم تطور شهدته العقود الأخيرة من القرن الثامن عشر هو تنامي فهم العمليات الجيولوجية التي شكلت الكرة الأرضية. وهذا هو ما أفاد في فهم مكان النوع البشري في المكان والزمان، وأن الصورة الأولى للقصة جمع عناصرها أساسا رجل واحد، هو الاسكوتلندي جيمس هاتون، فهو الرائد الذي اقتفى خطاه تشارلز لييل في القرن التاسع عشر. ولد هاتون في أدنبرة في الثالث من يوليو 1726. وهو ابن وليام هاتون، التاجر الذي عمل مسؤولا ماليا عن أدنبرة، وامتلك أيضا مزرعة متواضعة في بيرويكشاير. وتوفي الأب بينما جيمس لايزال صغيرا جدا، ولذلك نشأ الابن في كنف أمه وحدها. والتحق جيمس بالمدرسة العليا في أدنبرة، وتلقى دروسا في الفنون بالجامعة هناك قبل أن يتتلمذ مهنيا لدى محام وهو في السابعة عشرة من العمر. ولكنه لم يكشف أهلية للعمل في مجال القانون، وأبدى اهتماما عميقا للغاية بالكيمياء، حتى أنه عاد إلى الجامعة بعد عام واحد ليدرس الطب (أقرب العلوم الميسورة إلى الكيمياء، حيث وجد مثاله الأعلى في أعمال رجال من أمثال جوزيف بلاك). وبعد ثلاث سنوات أخرى في أدنبرة، انتقل هاتون إلى باريس ثم إلى ليدن حيث حصل على درجة الماجستير في الطب في سبتمبر 1749؛ ولكنه لم يمارس الطب (وربما لم تراوده أبدا نية ممارسة الطب التي بدت له مجرد وسيلة لدراسة الكيمياء).

واشتمل الإرث الذي آل إلى هاتون على المزرعة الموجودة في بيرويكشاير، لذلك نجده عند عودته إلى بريطانيا يقرر ضرورة تعلم شيء عن تطبيقات الزراعة الحديثة. وفي مطلع خمسينيات القرن الثامن عشر ذهب إلى نورفولك ثم إلى الأراضي الواطئة (هولندا) بهدف تحديث معلوماته قبل العودة رأسا إلى أسكوتلندا، وطبق هناك التقنيات التي تعلمها لكي يحول مزرعته التي لا تغل عائدا جيدا والممتلئة بالصخور إلى وحدة إنتاجية على قدر عال من الكفاءة. ونلحظ أن كل هذا النشاط الخارجي أثار في نفسه اهتماما بالجيولوجيا، من دون التخلي عن اهتماماته بالكيمياء. وأصبحت الكيمياء مصدرا مهما له عندما اخترع تقنية منذ عدة سنوات في تعاون مع صديقه جون دافي، وطور دافي هذه التقنية لتصبح عملية صناعية ناجحة لإنتاج ملح النشادر الكيميائي (كلوريد الأمونيوم المستخدم من بين استخدامات كثيرة، في تجهيز القطن للصباغة والطباعة) من السناج. وحقق هاتون عائدا ماليا من نصيبه في إجراءات عملية ملح النشادر. وفي العام 1768، وبينما هاتون في الثانية والأربعين من العمر، ولم يتزوج أبدا، أجر مزرعته وانتقل إلى أدنبرة لينذر نفسه للعلم. وجمعته صداقة خاصة مميزة مع جوزيف بلاك (الذي يصغر هاتون بعامين)، كما كان عضوا مؤسسا للجمعية الملكية في أدنبرة، والتي تأسست في العام 1783. ولكن أفضل ما يذكره به التاريخ هو اقتراحه بأن عمر الأرض أطول كثيرا جدا مما ذهب إليه رجال اللاهوت - وربما أبدية.

وخلص هاتون من دراسته للعالم المرئي إلى أنه لم تكن ثمة حاجة إلى أحداث عنف مهولة (من مثل الطوفان الوارد في الكتاب المقدس) لتفسير الشكل الراهن لكوكب الأرض، ولكن إذا ما توافر وقت كاف، فإن كل ما نراه يمكن تفسيره في ضوء العملية ذاتها التي نشهدها حولنا اليوم، حيث الجبال تتآكل بفعل التحات، وحيث الترسبات تتجمع في قاع البحر قبل أن ترتفع لتشكل جبالا جديدة نتيجة الزلازل المتكررة والنشاط البركاني المتواتر من النوع الذي نشهده اليوم، وليس نتيجة زلازل مدمرة ترفع سلاسل الجبال الشاهقة بين عشية وضحاها، وهذا هو ما يعرف بمبدأ التماثلية في الوقوع - أي أن عمليات متماثلة تعمل وتؤثر طوال

الزمن وتشكل باستمرار سطح كوكب الأرض. وجدير بالذكر أن الفكرة القائلة بأن ثمة حاجة إلى وقوع أحداث عنف مهولة بين الحين والآخر لتفسير القسمات المميزة لسطح الأرض أصبحت معروفة باسم نظرية التحولات الفجائية العنيفة (الكوارث) للقشرة الأرضية (*). وتمثل أفكار هاتون ضربة قاسية للاعتقاد الجيولوجي الموروث وقتذاك، والذي يجمع ما بين نظرية وقوع الكوارث والنبتونية Neptunism، أي الفكرة القائلة إن كوكب الأرض كان في البدء تغطيه الماء بالكامل، والتي روج لها بخاصة عالم الجيولوجيا النمساوي أبراهام فيرنر (1749 - 1817). وعمد هاتون إلى تنسيق ونظم حججه في دقة وحرص، وعرض في ورقتي بحث حالة مثيرة للتماثل في الوقوع. وقرأ الورقتين أمام الجمعية الملكية في أدنبرة العام 1785، ونشرتها الجمعية في العام 1788، في مطبوعاتها «محاضر الجلسات» (قدم الورقة الأولى بلاك أمام اجتماع الجمعية في مارس 1785. وقرأ هاتون الورقة الثانية في مايو، قبل بضعة أسابيع من عيدَ ميلاده التاسع والخمسين).

وجلبت مقترحات هاتون انتقادات قاسية (ولكن على غير أساس صحيح) وجهها ضده أصحاب النظرة النبتونية Neptunist (القائلون إن الأرض في البدء كانت مغمورة في المياه) وذلك في أول تسعينيات القرن الثامن عشر، ولكن هاتون وعلى الرغم من أنه في العقد السابع من العمر وليس على ما يرام صحيا، عمد في رده على هذه الانتقادات إلى تطوير حججه، وقدمها في صورة كتاب بعنوان «نظرية الأرض»، وصدر في مجلدين العام 1792. ووافته المنية وهو عاكف على المجلد الثالث، وذلك في 26 مارس 1797، وهو في الحادي والسبعين من عمره. ومن أسف أن هاتون قدم حججا مدعومة

(*) لايزال الناس يستخدمون هذين المصطلحين خطأ في محاولة لتكذيب الأفكار المنافسة، وتتمثل أهم مظاهر الخلط في أنه بسبب طول تاريخ الأرض فإن الأحداث التي تبدو نادرة ومفاجئة ومثيرة وفق التقدير الزمني البشري (من مثل النيازك الضخمة التي تضرب كوكب الأرض)، والتي هي يقينا كوارث بالمعنى المتداول للكلمة، هي أحداث عادية طبيعية، وهي بلغة الجيولوجيا متماثلة في وقوعها في إطار تاريخ الكوكب. وأن المسألة في جميع الأحوال هي وجهة نظر. ذلك أن الفراشة التي يمتد عمرها يوما واحدا فقط يمثل سدول الليل بالنسبة إليها كارثة، ولكنه بالنسبة إلينا حدث يومي عادي؛ ونحن نرى حدوث عصر جليدي جديد كارثة، ولكنه بالنسبة إلى كوكب الأرض حدث عادي.

بثروة من الوقائع المشــاهدة، بيد أن أســلوبه لم يكن يسيرا على فهم القارئ، هذا علــى الرغم من أن الكتاب يحتوي على بعض من الأمثلة المذهلة، ويتعلق أحدها بالطرق الرومانية التي لاتزال تراها الأعين بعد مضي قرابة ألفي عام على تاريخ إعدادها، على الرغم من عمليات التحات الطبيعية المستمرة طوال هــذا الزمن. وأكد هاتون أن الزمن اللازم لكي تنحت العمليات الطبيعية وجه الأرض وتحولــه إلــى مظهره الحديث لا بد أنه أطول كثيــرا جدا - إنه يقينا أطول من 6 آلاف ســنة أو غير ذلك من أعمار الأرض التي يقول بها التأويل الســائد للكتاب المقدس، ورأى هاتــون أن عمر الأرض أبعد عن حدود الفهم، وقال في أقوى عبارة له «نحن لا نجد أثرا لبداية - ولا توقعا لنهاية».

مثــل هذه الومضات من وضوح الفكر نجدها نادرة في الكتاب، ولكن بعد أن توفــي هاتون ولم يعد لــه وجود ليطور أفكاره ويرتقي بها، تعرضت أفكاره إلى هجمات قويــة متجددة من جانب دعاة النظريــة النبتونية وأتباع نظرية فيرنــر، وجدير بالذكر أن أفــكاره كان في الإمكان أن تزول لولا صديقه جون بليفير (1748 - 1819)، أستاذ الرياضيات آنذاك بجامعة أدنبرة (ثم أستاذ الفلسفة الطبيعية هناك). إذ التقط بليفير عصاه دفاعا وكتب بأستاذية بارعة موجزا واضحا لدراســة هاتون، ونشــر موجزه في العام 1802 تحت عنوان «شــروح لنظرية الأرض عند هاتون». ولنا أن نقول إنه من خلال هذا الكتاب وصل مبــدأ التماثلية في الوقوع إلى أذهان جمهور واســع من القراء، وأقنع كل الباحثــين عن بينة وبرهان، وأكد لهم أنهم يجدون هنا فكرة يتعين أخذها مأخــذا جادا. ولكن الأمر اقتضــى جيلا بالمعنى الحرفــي للكلمة لكي تثمر وتزدهر البذرة التي غرسها كل من هاتون وبليفير، وذلك وقتما ولد الشخص الــذي التقط عصا نظريــة التماثل في الوقوع والذي جــاء ميلاده بعد موت هاتون بثمانية أشهر.

ببليوغرافيا

J. A. Adhémar, *Révolutions de la mer* (published privately by the author, Paris, 1842).
Elizabeth Cary Agassiz, *Louis Agassiz, his life and correspondence* (Houghton Mifflin & Co, Boston, 1886; published in two volumes).
Ralph Alpher and Robert Herman, *Genesis of the Big Bang* (OUP, Oxford, 2001).
Angus Armitage, *Edmond Halley* (Nelson, London, 1966).
Isaac Asimov, *Asimov's New Guide to Science* (Penguin, London, 1987).
John Aubrey, *Brief Lives* (ed. by Andrew Clark), vols I and II (Clarendon Press, Oxford, 1898).
Ralph Baierlein, *Newton to Einstein* (CUP, Cambridge, 1992).
Nora Barlow (ed.), *The Autobiography of Charles Darwin, 1809–1882, with original omissions restored* (William Collins, London, 1958).
A. J. Berger, J. Imbrie, J. Hays, G. Kukla and B. Saltzman (eds.), *Milankovitch and Climate* (Reidel, Dordrecht, 1984).
W. Berkson, *Fields of Force* (Routledge, London, 1974).
David Berlinski, *Newton's Gift* (The Free Press, New York, 2000).
A. J. Berry, *Henry Cavendish* (Hutchinson, London, 1960).
Mario Biagioli, *Galileo, Courtier* (University of Chicago Press, Chicago, 1993).
P. M. S. Blackett, E. Bullard and S. K. Runcorn, *A Symposium on Continental Drift* (Royal Society, London, 1965).
W. Bragg and G. Porter (eds.), *The Royal Institution Library of Science*, volume 5 (Elsevier, Amsterdam, 1970).
S. C. Brown, *Benjamin Thompson, Count Rumford* (MIT Press, Cambridge, MA, 1979).
Janet Browne, *Charles Darwin: voyaging* (Jonathan Cape, London, 1995).
Leonard C. Bruno, *The Landmarks of Science* (Facts on File, New York, 1989).
John Campbell, *Rutherford* (AAS Publications, Christchurch, New Zealand, 1999).
G. M. Caroe, *William Henry Bragg* (CUP, Cambridge, 1978).

Carlo Cercignani, *Ludwig Boltzmann* (OUP, Oxford, 1998).
S. Chandrasekhar, *Eddington* (CUP, Cambridge, 1983).
John Robert Christianson, *On Tycho's Island* (CUP, London, 2000).
Frank Close, *Lucifer's Legacy* (OUP, Oxford, 2000).
Lawrence I. Conrad, Michael Neve, Vivian Nutton, Roy Porter and Andrew Wear, *The Western Medical Tradition: 800 BC to AD 1800* (CUP, Cambridge, 1995).
Alan Cook, *Edmond Halley* (OUP, Oxford, 1998).
James Croll, *Climate and Time in their Geological Relations* (Daldy, Isbister, & Co., London, 1875).
J. G. Crowther, *British Scientists of the Nineteenth Century* (Kegan Paul, London, 1935).
J. G. Crowther, *Founders of British Science* (Cresset Press, London, 1960).
J. G. Crowther, *Scientists of the Industrial Revolution* (Cresset Press, London, 1962).
William Dampier, *A History of Science*, 3rd edn (CUP, Cambridge, 1942).
Charles Darwin, *The Origin of Species by Means of Natural Selection*, reprint of the first edition of 1859 plus additional material (Pelican, London, 1968; reprinted in Penguin Classics, 1985).
Charles Darwin and Alfred Wallace, *Evolution by Natural Selection* (CUP, Cambridge, 1958).
Erasmus Darwin, *Zoonomia*, Part 1 (J. Johnson, London, 1794).
Francis Darwin (ed.), *The Life and Letters of Charles Darwin* (John Murray, London, 1887). An abbreviated version is still available as *The Autobiography of Charles Darwin and Selected Letters* (Dover, New York, 1958).
Francis Darwin (ed.), *The Foundations of the Origin of Species: two essays written in 1842 and 1844 by Charles Darwin* (CUP, Cambridge, 1909).
Richard Dawkins, *The Blind Watchmaker* (Longman, Harlow, 1986).
René Descartes, *Discourse on Method and the Meditations*, translated by F. E. Sutcliffe (Penguin, London, 1968).
Adrian Desmond and James Moore, *Darwin* (Michael Joseph, London, 1991).
Ellen Drake, *Restless Genius: Robert Hooke and his earthly thoughts* (OUP, New York, 1996).
Adrian Desmond, *Huxley* (Addison Wesley, Reading, MA, 1997).
Stillman Drake, *Galileo at Work* (Dover, New York, 1978).
Stillman Drake, *Galileo* (OUP, Oxford, 1980).
J. L. E. Dryer, *Tycho Brahe* (Adam & Charles Black, Edinburgh, 1899).
A. S. Eddington, *The Internal Constitution of the Stars* (CUP, Cambridge, 1926).
A. S. Eddington, *The Nature of the Physical World* (CUP, Cambridge, 1928).
Margaret 'Espinasse, *Robert Hooke* (Heinemann, London, 1956).

John Evelyn, *Diary* (ed. E. S. de Beer) (OUP, London, 1959).
C. W. F. Everitt, *James Clerk Maxwell* (Scribner's, New York, 1975).
J. J. Fahie, *Galileo: his life and work* (John Murray, London, 1903).
Otis Fellows and Stephen Milliken, *Buffon* (Twayne, New York, 1972)
Georgina Ferry, *Dorothy Hodgkin* (Granta, London, 1998).
Richard Feynman, *QED: the strange theory of light and matter* (Princeton University Press, Princeton, NJ, 1985).
Richard Fifield (ed.), *The Making of the Earth* (Blackwell, Oxford, 1985).
Antony Flew, *Malthus* (Pelican, London, 1970).
Tore Frängsmyr (ed.), *Linnaeus: the man and his work* (University of California Press, Berkeley, 1983).
Galileo Galilei, *Galileo on the World Systems* (abridged and translated from the *Dialogue* by Maurice A. Finocchiaro) (University of California Press, 1997).
George Gamow, *The Creation of the Universe* (Viking, New York, 1952).
G. Gass, Peter J. Smith and R. C. L. Wilson (eds.), *Understanding the Earth*, 2nd edn (MIT Press, Cambridge, MA, 1972).
J. Geikie, *The Great Ice Age*, 3rd edn (Stanford, London, 1894; 1st edn published by Isbister, London, 1874).
Wilma George, *Biologist Philosopher: a study of the life and writings of Alfred Russel Wallace* (Abelard-Schuman, New York, 1964).
William Gilbert, *Loadstone and Magnetic Bodies, and on The Great Magnet of the Earth*, translated from the 1600 edition of *De Magnete* by P. Fleury Mottelay (Bernard Quaritch, London, 1893).
C. C. Gillispie, *Pierre-Simon Laplace* (Princeton University Press, Princeton NJ, 1997).
H. E. Le Grand, *Drifting Continents and Shifting Theories* (CUP, Cambridge, 1988).
Frank Greenaway, *John Dalton and the Atom* (Heinemann, London, 1966).
John Gribbin, *In Search of Schrödinger's Cat* (Bantam, London, 1984).
John Gribbin, *In Search of the Double Helix* (Penguin, London, 1995).
John Gribbin, *In Search of the Big Bang* (Penguin, London, 1998).
John Gribbin, *The Birth of Time* (Weidenfeld & Nicolson, London, 1999).
John Gribbin, *Stardust* (Viking, London, 2000).
John and Mary Gribbin, *Richard Feynman: a life in science* (Viking, London, 1994).
John Gribbin and Jeremy Cherfas, *The First Chimpanzee* (Penguin, London, 2001).
John Gribbin and Jeremy Cherfas, *The Mating Game* (Penguin, London, 2001).
Howard Gruber, *Darwin on Man* (Wildwood House, London, 1974).
Thomas Hager, *Force of Nature: the life of Linus Pauling* (Simon & Schuster, New York, 1995).

Marie Boas Hall, *Robert Boyle and Seventeenth-Century Chemistry* (CUP, Cambridge, 1958).

Marie Boas Hall, *Robert Boyle on Natural Philosophy* (Indiana University Press, Bloomington, 1965).

Rupert Hall, *Isaac Newton* (Blackwell, Oxford, 1992).

Harold Hartley, *Humphry Davy* (Nelson, London, 1966).

Arthur Holmes, *Principles of Physical Geology* (Nelson, London, 1944).

Robert Hooke, *Micrographia* (Royal Society, London, 1665).

Robert Hooke, *The Posthumous Works of Robert Hooke* (ed. Richard Waller) (Royal Society, London, 1705).

Robert Hooke, *The Diary of Robert Hooke* (eds. Henry Robinson and Walter Adams) (Taylor & Francis, London, 1935).

Ken Houston (ed.), *Creators of Mathematics: the Irish connection* (University College Dublin Press, 2000).

Jonathan Howard, *Darwin* (OUP, Oxford, 1982).

Michael Hunter (ed.), *Robert Boyle Reconsidered* (CUP, Cambridge, 1994).

Hugo Iltis, *Life of Mendel* (Allen & Unwin, London, 1932).

John Imbrie and Katherine Palmer Imbrie, *Ice Ages* (Macmillan, London, 1979).

James Irons, *Autobiographical Sketch of James Croll, with memoir of his life and work* (Stanford, London, 1896).

Bence Jones, *Life & Letters of Faraday* (Longman, London, 1870).

L. J. Jordanova, *Lamarck* (OUP, Oxford, 1984).

Horace Freeland Judson, *The Eighth Day of Creation* (Jonathan Cape, London, 1979).

C. Jungnickel and R. McCormmach, *Cavendish: the experimental life* (Bucknell University Press, New Jersey, 1996).

F. B. Kedrov, *Kapitza: life and discoveries* (Mir, Moscow, 1984).

Hermann Kesten, *Copernicus and his World* (Martin Secker & Warburg, London, 1945).

Geoffrey Keynes, *A Bibliography of Dr Robert Hooke* (Clarendon Press, Oxford, 1960).

Desmond King-Hele, *Erasmus Darwin* (De La Mare, London, 1999).

David C. Knight, *Johannes Kepler and Planetary Motion* (Franklin Watts, New York, 1962).

W. Köppen and A. Wegener, *Die Klimate der Geologischen Vorzeit* (Borntraeger, Berlin, 1924).

Helge Kragh, *Quantum Generations* (Princeton University Press, Princeton, NJ, 1999).

Ulf Lagerkvist, *DNA Pioneers and Their Legacy* (Yale University Press, New Haven, 1998).

H. H. Lamb, *Climate: present, past and future* (Methuen, London, volume 1 1972, volume 1 1977).
E. Larsen, *An American in Europe* (Rider, New York, 1953).
A.-L. Lavoisier, *Elements of Chemistry*, translated by Robert Kerr (Dover, New York, 1965; facsimile of 1790 edition).
Cherry Lewis. *The Dating Game* (CUP, Cambridge, 2000).
James Lovelock, *Gaia* (OUP, Oxford, 1979).
James Lovelock, *The Ages of Gaia* (OUP, Oxford, 1988).
E. Lurie, *Louis Agassiz* (University of Chicago Press, 1960).
Charles Lyell, *Principles of Geology* (Penguin, London, 1997; originally published in three volumes by John Murray, London, 1830–33).
Charles Lyell, *Elements of Geology* (John Murray, London, 1838).
Katherine Lyell (ed.), *Life, Letters and Journals of Sir Charles Lyell, Bart.* (published in two volumes, John Murray, London, 1881).
Maclyn McCarty, *The Transforming Principle* (Norton, New York, 1985).
Douglas McKie, *Antoine Lavoisier* (Constable, London, 1952).
H. L. McKinney, *Wallace and Natural Selection* (Yale University Press, New Haven, 1972).
Frank Manuel, *Portrait of Isaac Newton* (Harvard University Press, Cambridge, MA, 1968).
Ursula Marvin, *Continental Drift* (Smithsonian Institution, Washington DC, 1973).
James Clerk Maxwell, *The Scientific Papers of J. Clerk Maxwell* (ed. W. D. Niven) (CUP, Cambridge, 1890).
Jagdish Mehra, *Einstein, Physics and Reality* (World Scientific, Singapore, 1999).
Milutin Milankovitch, *Durch ferne Welten und Zeiten* (Köhler & Amalang, Leipzig, 1936).
Ruth Moore, *Niels Bohr* (MIT Press, Cambridge, MA 1985).
Yuval Ne'eman and Yoram Kirsh, *The Particle Hunters*, 2nd edn (CUP, Cambridge, 1996).
J. D. North, *The Measure of the Universe* (OUP, Oxford, 1965).
Robert Olby, *The Path to the Double Helix* (Macmillan, London, 1974).
C. D. O'Malley, *Andreas Vesalius of Brussels 1514–1564* (University of California Press, Berkeley, 1964).
Henry Osborn, *From the Greeks to Darwin* (Macmillan, New York, 1894).
Dorinda Outram, *Georges Couvier* (Manchester University Press, Manchester, 1984).
Dennis Overbye, *Einstein in Love* (Viking, New York, 2000).
H. G. Owen, *Atlas of Continental Displacement: 200 million years to the present* (CUP, Cambridge, 1983).

Abraham Pais, *Subtle is the Lord . . .* (OUP, Oxford, 1982).
Abraham Pais, *Inward Bound: of matter and forces in the physical world* (OUP, Oxford, 1986).
Linus Pauling and Peter Pauling, *Chemistry* (Freeman, San Francisco, 1975).
Samuel Pepys, *The Shorter Pepys* (selected and edited by Robert Latham; Penguin, London, 1987).
Roger Pilkington, *Robert Boyle: father of chemistry* (John Murray, London, 1959).
John Playfair, *Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth* (facsimile reprint of the 1802 edition, with an introduction by George White) (Dover, New York, 1956).
Franklin Portugal and Jack Cohen, *A Century of DNA* (MIT Press, Cambridge, MA, 1977).
Lawrence Principe, *The Aspiring Adept* (Princeton University Press, Princeton, NJ, 1998).
Bernard Pullman, *The Atom in the History of Human Thought* (OUP, Oxford, 1998).
Lewis Pyenson and Susan Sheets-Pyenson, *Servants of Nature* (HarperCollins, London, 1999).
Susan Quinn, *Marie Curie* (Heinemann, London, 1995).
Peter Raby, *Alfred Russel Wallace* (Chatto & Windus, London, 2001).
Charles E. Raven, *John Ray* (CUP, Cambridge, 1950).
James Reston, *Galileo* (Cassell, London, 1994).
Colin A. Ronan, *The Cambridge Illustrated History of the World's Science* (CUP, Cambridge, 1983).
S. Rozental (ed.), *Niels Bohr* (North-Holland, Amsterdam, 1967).
Jósef Rudnicki, *Nicholas Copernicus* (Copernicus Quatercentenary Celebration Committee, London, 1943).
Anne Sayre, *Rosalind Franklin & DNA* (Norton, New York, 1978).
Stephen Schneider and Randi Londer, *The Coevolution of Climate & Life* (Sierra Club, San Francisco, 1984).
Erwin Schrödinger, *What is Life?* and *Mind and Matter* (CUP, Cambridge, 1967) (collected edition of two books originally published separately in, respectively, 1944 and 1958).
J. F. Scott, *The Scientific Work of René Descartes* (Taylor & Francis, London, 1952).
Steven Shapin, *The Scientific Revolution* (University of Chicago Press, London, 1966).
John Stachel (ed.), *Einstein's Miraculous Year* (Princeton University Press, Princeton, NJ, 1998).

Frans A. Stafleu, *Linnaeus and the Linneans* (A. Oosthoek's Uitgeversmaatschappij NV, Utrecht, 1971).
Tom Standage, *The Neptune File* (Allen Lane, London, 2000).
G. P. Thomson, *J. J. Thomson* (Nelson, London, 1964).
J. J. Thomson, *Recollections and Reflections* (Bell & Sons, London, 1936).
Norman Thrower (ed.), *The Three Voyages of Edmond Halley* (Hakluyt Society, London, 1980).
Conrad von Uffenbach, *London in 1710* (trans. and ed. W. H. Quarrell and Margaret Mare) (Faber & Faber, London, 1934).
Alfred Russel Wallace, *My Life* (Chapman & Hall, London; originally published in two volumes, 1905; revised single-volume edition 1908).
James Watson, 'The Double Helix', in Gunther Stent (ed.), *The Double Helix* 'critical edition' (Weidenfeld & Nicolson, London, 1981).
Alfred Wegener, *The Origin of Continents and Oceans* (Methuen, London, 1967) (translation of the fourth German edition, published in 1929).
Richard Westfall, *Never at Rest: a biography of Isaac Newton* (CUP, Cambridge, 1980).
Richard Westfall, *The Life of Isaac Newton* (CUP, Cambridge, 1993) (this is a shortened and more readable version of *Never at Rest*).
Michael White: *Isaac Newton: the last sorcerer* (Fourth Estate, London, 1997).
Michael White and John Gribbin, *Einstein: a life in science* (Simon & Schuster, London, 1993).
Michael White and John Gribbin, *Darwin: a life in science* (Simon & Schuster, London, 1995).
A. N. Whitehead, *Science and the Modern World* (CUP, Cambridge, 1927).
Peter Whitfield, *Landmarks in Western Science* (British Library, London, 1999).
L. P. Williams, *Michael Faraday* (Chapman, London, 1965).
David Wilson, *Rutherford* (Hodder & Stoughton, London, 1983).
Edmund Wilson, *The Cell in Development and Inheritance* (Macmillan, New York, 1896).
Leonard Wilson, *Charles Lyell* (Yale University Press, New Haven, 1972).
Thomas Wright, *An Original Theory of the Universe* (Chapelle, London, 1750) (facsimile edition, edited by Michael Hoskin, Macdonald, London, 1971).
W. B. Yeats, 'Among School Children' in, for example, *Selected Poetry* (ed. Timothy Webb) (Penguin, London, 1991).
David Young, *The Discovery of Evolution* (CUP, Cambridge, 1992).
Arthur Zajonc, *Catching the Light* (Bantam, London, 1993).

المؤلف في سطور

جون غريبين

* من أعظم وأشهر كتاب العلم بأسلوب روائي شائق ومبسط.
* مؤلف أكثر الكتب مبيعا.

* من مؤلفاته:
  - البحث عن قط شروندجر.
  - الغبار النجمي.
  - البساطة فى أعمق حالاتها.
* أثار الإعجاب بقدرته الفائقة على تبسيط أعقد الأفكار.
* تدرب ليكون عالم فيزياء فلكية بجامعة كيمبريدج.
* هو الآن زميل زائر في علم الفلك بجامعة ساسيكس.
* يملك قدرة على جعل المفاهيم العلمية ذائقة ومفهومة لدى غير المختصين مع إثارة حس الدهشة بغرابة الكون دون الإخلال بدقة المعلومات العلمية الجوهرية.

المترجم في سطور

شوقي جلال

* من مواليد 30 أكتوبر 1931 - القاهرة.
* عضو المجلس الأعلى للثقافة في القاهرة - لجنة الترجمة منذ 1989م.
* عضو المجلس الأعلى للمعهد العالي العربي للترجمة، جامعة الدول العربية - الجزائر.
* عضو المجلس الأعلى للثقافة في القاهرة - لجنة قاموس علم النفس في السبعينيات.
* حاصل على جائزة مؤسسة الكويت للتقدم العلمي - فرع الترجمة 1985م.
* له ثلاثة عشر مؤلفا من بينها: أركيولوجيا العقل العربي، التراث والتاريخ، الفكر العربي وسوسيولوجيا الفشل، المجتمع المدني وثقافة الإصلاح: رؤية نقدية للفكر العربي، الترجمة في العالم العربي: الواقع والتحدي.

* لـــه أوراق بحث فـــي ندوات ومؤتمرات ومقـــالات ثقافية فكرية في الصحف والمجلات العربية.

* لـــه أكثر مـــن 50 كتابا مترجما منها: «المســـيح يصلـــب من جديد» (رواية، نيكوس كازانتزاكيس)، «الثقافات وقيم التقدم» (مجموعة من العلماء)، «فكرة الثقافة» (تأليف تيري إيغلتون) و«لماذا العلم» (تأليف جيمس تريفيل).

* ترجم لسلسلة عالم المعرفة عددا من الكتب منها: أفريقيا في عصر التحول الاجتماعي، بنية الثورات العلمية، تشكيل العقل الحديث، لماذا ينفرد الإنســـان بالثقافة، بعيدا عن اليســـار واليمين، التنمية حرية، جغرافية الفكر، الثقافة والمعرفة البشرية، التنوير الآتي من الشرق.

* راجع عددا من كتب السلسلة أيضا.

سلسلة عالَم المعرفة

«عالم المعرفة» سلسلة كتب ثقافية تصدر في مطلع كل شهر ميلادي عن المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - دولة الكويت - وقد صدر العدد الأول منها في شهر يناير العام 1978.

تهدف هذه السلسلة إلى تزويد القارئ بمادة جيدة من الثقافة تغطي جميع فروع المعرفة، وكذلك ربطه بأحدث التيارات الفكرية والثقافية المعاصرة. ومن الموضوعات التي تعالجها تأليفا وترجمة:

1 - الدراسات الإنسانية: تاريخ . فلسفة - أدب الرحلات - الدراسات الحضارية - تاريخ الأفكار.

2 - العلوم الاجتماعية: اجتماع - اقتصاد - سياسة - علم نفس - جغرافيا - تخطيط - دراسات استراتيجية - مستقبليات.

3 - الدراسات الأدبية واللغوية : الأدب العربي - الآداب العالمية - علم اللغة.

4 - الدراسات الفنية: علم الجمال وفلسفة الفن - المسرح - الموسيقى - الفنون التشكيلية والفنون الشعبية.

5 - الدراسات العلمية: تاريخ العلم وفلسفته، تبسيط العلوم الطبيعية (فيزياء، كيمياء، علم الحياة، فلك) . الرياضيات التطبيقية (مع الاهتمام بالجوانب الإنسانية لهذه العلوم)، والدراسات التكنولوجية.

أما بالنسبة إلى نشر الأعمال الإبداعية . المترجمة أو المؤلفة . من شعر وقصة ومسرحية، وكذلك الأعمال المتعلقة بشخصية واحدة بعينها فهذا أمر غير وارد في الوقت الحالي.

وتحرص سلسلة «عالم المعرفة» على أن تكون الأعمال المترجمة حديثة النشر.

وترحب السلسلة باقتراحات التأليف والترجمة المقدمة من المتخصصين، على ألا يزيد حجمها على 350 صفحة من القطع المتوسط، وأن تكون مصحوبة بنبذة وافية عن الكتاب وموضوعاته

هذا الكتاب

موسوعة موجزة من جزأين تحكي في تسلسل زمني بأسلوب روائي شائق، ولغة علمية دقيقة وسهلة، تاريخ تطور العلم وحياة العلماء في سياق العصر الحديث (الغرب) على مدى خمسة قرون من النشأة في الغرب وحتى العام 2001، مع فصل ختامي عن المستقبل. ويحكي الكتاب طبيعة الصراع الاجتماعي بين التقليد من حيث النظرة إلى العالم، والموقف الرافض لحق البحث والتغيير، وبين التجديد والإيمان بحق الإنسان/ المجتمع في البحث العلمي والإبداع والتماس آفاق غير تقليدية للمعرفة، والتحرر من مشاعر الدونية والتبعية تجاه الأقدمين والجمود عند حدودهم، مع بيان كيف أن هذا التحرر كان، مثلما هو دائما، أساس التقدم وامتلاك الإنسان لمصيره، بل والهيمنة على مقدراته. ويعرض كيف عانى دعاة التجديد من الاتهام بالكفر والزندقة.

والمؤلف أحد كبار الكتاب العلميين المعنيين بتبسيط العلم، وله مؤلفاته واسعة الانتشار التي أثارت الإعجاب بقدرته الفائقة على تبسيط أعقد الأفكار مع إثارة حس الدهشة بغرابة الكون لدى القارئ.

ويسد الكتاب فراغا ثقافيا في المكتبة العربية، ويمثل إسهاما تنويريا واقعيا بعيدا عن الرومانسية، إذ يوضح طبيعة روح العصر... العلم والتكنولوجيا. ويعرض بإيجاز وفي صورة تاريخية متكاملة ملحمة العلم وانتصار العقل العلمي في سياق التاريخ الحديث الذي هو حلقة في سلسلة ممتدة بامتداد تاريخ الحضارات المختلفة.

ويقدم الكتاب إطلالة على طبيعة النشاط العلمي والمعاناة من أجل العلم، والجدوى الاجتماعية والثقافية والاقتصادية بل والسياسية للنهضة العلمية ومردود ذلك في الوعي بالذات إنسانا فردا، ومجتمعا كاملا موحدا، وأفقا رحبا نرنو إليه على الطريق إلى مستقبل جديد لعقل عربي جديد.

ISBN 978 - 99906 - 0 - 362 - 0
رقم الإيداع (2012/297)